Jahrbücher für wissenschaftliche botanik

N. Pringsheim, W. Pfeffer, E. Strasburger

JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. N. Pringsheim.

Eilfter Band.

Mit 41 zum Theil farbigen Tafeln.

Leipzig, 1878.

Verlag von Wilh. Engelmann.

Inhalt.

Alphabetisch nach den Namen der Verfasser geordnetes Inhaltsverzeichniss.

Verzeichniss der Tafeln.

Ueber Sprossung der Moosfrüchte und den Generationswechsel der Thallophyten.

Von

N. Pringsheim.

(Mit Taf. I. und II.)

I. Ueber Sprossung der Moosfrüchte.

Zerschneidet man die Fruchtstiele reifer Moose und cultivirt man dieselben unter den geeigneten Maassregeln gegen Vertrocknung längere Zeit auf feuchtem Sand, so wachsen aus ihren Querschnitten Protonemafäden hervor, an welchen, ganz wie an anderen Protonemafäden, die aus Sporen, Stengeln oder Blättern der Laubmoose entstehen, sich Blatt- und Brutknospen bilden können. —

Wie ich bereits in einer kurzen vorläufigen Mittheilung[1]), die hier in erweiterter Form wiederholt werden soll, angedeutet habe, ist man so im Stande die beblätterte Moospflanze mit Umgehung der Sporen unmittelbar aus dem Gewebe der Moosfrüchte zu erzeugen.

In manchen Fällen entstehen die Knospen an dem Protonemafaden schon unmittelbar dort, wo derselbe aus dem Gewebe des Fruchtstiels hervortritt (Taf. I., Fig. 2. 4.) und dann kann die Erscheinung sogar den täuschenden Eindruck hervorrufen, als ob die Blattknospe eine unmittelbare Adventivknospe des Stiels wäre, was jedoch, so weit meine Beobachtungen reichen, niemals der Fall ist.

Das Protonema der Seta gleicht in allen wesentlichen Eigenschaften, in der Richtung der Scheidewände, in der Umwandlung

---

[1]) Monatsbericht der Berliner Academie der Wissensch. vom 10. Juli 1876.

primärer und secundärer Zweige in Rhizoide und in der Bildung von Blatt- und Brutknospen vollkommen den gewöhnlichen protonematischen Bildungen der Laubmoose.

Untergeordnete inconstante Differenzen, die mit der Beschaffenheit der Zellen des Gewebes zusammenhängen, aus welchen das Protonema unmittelbar hervortritt, betreffen unwesentlichere Dimensions- und Färbungs-Unterschiede seiner ersten Zellen und verdienen keine weitere Ausführung.

Der anatomische Zusammenhang des Protonema mit dem Gewebe der Seta ist auf guten Längsschnitten leicht nachweisbar (Taf. II., Fig. 3. 4. 5.). Allein es scheint, dass nicht jede beliebige Gewebezelle ein Protonema erzeugen kann. Denn in allen meinen bisherigen Beobachtungen sah ich nur die mittleren, zwischen dem peripherischen Rindengewebe und dem Centralstrange liegenden Zellreihen zu Protonemafäden auswachsen. Es hängt dies, wie ich glaube, mit dem Reichthum dieser Zellen an Reservestoffen zusammen. Vergleichende, genaue Angaben über die Verbreitung der Reservestoffe in dem Gewebe der reifen Moosfrüchte liegen nicht vor. Doch weist schon eine flüchtige anatomische Durchmusterung reifer Moosfrüchte aus den verschiedensten Gattungen nach, dass das Zurückbleiben von Reservestoffen in den verschiedenen Theilen der Moosfrucht — in der Seta, in der Kapselwand, im Operculum — auch nach völliger Ausstreuung der Sporen eine weit verbreitete Erscheinung ist. Schon diese Thatsache an sich weist auf die Möglichkeit einer Regeneration der Pflanze aus den Geweben der Moosfrucht hin oder legt doch wenigstens die Vermuthung nahe, dass die Function der Kapsel und der Seta mit der Reifung der Sporen nicht nothwendig abgeschlossen ist. —

Was zunächst die Seta betrifft, so finden sich selbst in den stark verdickten, englumigen Zellen ihrer peripherischen Rindenlagen noch Reservestoffe vor. Reichlicher treten diese in den mittleren Gewebepartien zwischen Rindenschicht und Centralstrang auf (Taf. I., Fig. 6.). Sie sind jedoch auch hier sehr ungleich und unregelmässig vertheilt, so dass inhaltreichere und inhaltärmere, ja inhaltleere Zellen hier scheinbar ohne Ordnung neben und unter einander zu liegen kommen. Unter diesen mit Reservestoffen gefüllten Zellen finden sich dann bei vielen von mir untersuchten Moosen (Arten von Poly-

trichum, Bryum, Funaria, Hypnum) auch solche, die neben Reservestoffen noch Chlorophyll führen (Taf. I., Fig. 6.). Diese halte ich nach Beschaffenheit ihres Inhaltes für vorzugsweise entwickelungsfähig.

Werden nun die zerschnittenen Stücke der Seta andauernd cultivirt, so findet unter tiefer Bräunung der Membranen zunächst in der Nähe des Querschnitts, später auch in tieferen Regionen, eine starke Inhaltsvermehrung in diesen Zellen statt. So entstehen an cultivirten Seta-Stücken regelmässig etwas unterhalb des Querschnitts dunklere, unregelmässig abgegrenzte Gewebepartien in den inneren Lagen, von welchen hin und wieder Stränge inhaltsreicher und stärker ergrünter Zellen in unregelmässigen Richtungen ausgehen und bei halbdurchsichtigen Seten schon durch die peripherischen Rindenlagen, die an ihnen keinen Antheil nehmen, hindurchscheinen.

Die hervorwachsenden Protonemafäden sind nun Verlängerungen oder Zweige einzelner Zellen dieser inhaltsreicheren Gewebepartien, die nahe am Querschnitte liegen (Taf. I., Fig. 4.; Taf. II., Fig. 1. 3. 4. 5.).

Es mag noch bemerkt werden, dass diese proliferirende, mittlere Gewebezone der Seta ihrem genetischen Werthe nach derjenigen Zone in der Kapselregion zwischen Columella und Kapselwand entspricht, in welcher die Urmutterzellenschicht der Sporen liegt. Obgleich die Zellenfolge der Sporogonien in der Region der Seta nicht so durchsichtig klargelegt ist, als in der Region der Kapsel, so ist doch wohl anzunehmen, dass die proliferirende Mittelzone der Seta aus der Entwickelung des Grundquadrats hervorgeht und daher dem fertilen Zellencomplexe[1]) angehört.

Man könnte hierin einen principiellen Unterschied sehen wollen zwischen der Protonema-Sprossung der Seta und der der Stämme, bei welchen letzteren die Protonemabildung ja vorzugsweise an die peripherischen Rindenzellen gebunden scheint. Allein ich lege hierauf weniger Werth. Schon die Brutknospenbildung aus der Spitze der Stämme lehrt, dass auch die mittleren Gewebepartien der Stämme proliferiren; auch werden Versuche mit durchschnittenen Stämmen ohne Zweifel zu dem Ergebniss führen, dass sie ebenso wie die Seten aus ihren mittleren Geweben Protonemafäden hervortreiben können.

[1]) Vouk, Entw. d. Sporog. v. Orthotrichum, pag 4 des Separatabdrucks. Sitzb. der K. Acad. d. Wiss. in Wien, Maiheft Jahrg. 1876.

Wenn dagegen die peripherischen Zellen der Seta bisher keine Entwickelung zu Protonemafäden gezeigt haben, so liegt dies offenbar nur daran, dass sie histologisch, so zu sagen, früher alt werden, als die mittleren Zellen, das heisst ihren bildungsfähigen Inhalt schon früher verlieren.

Denn die Seta stimmt in ihrer anatomischen Structur, man kann sagen, genau mit den Stämmen überein. Schon die Vergleichung der Querschnitte der Stämme und der Seten derselben Moose in den Abhandlungen von Unger[1]) und Lorentz[2]) lässt hierüber keinen Zweifel und jede eigene umfassendere Untersuchung bestätigt dies. Die grösseren Structur-Abweichungen der Seten von den höher entwickelten Moosstämmen sind nur durch das Auftreten der Blattspuren in diesen hervorgerufen und auf den Mangel der Blattbildung bei den Seten zurückführbar. Kurz, schon nach ihrem anatomischen Bau ist die Seta nur als ein blattloser, kümmerlich entwickelter Moosstamm zu betrachten und steht in dieser Beziehung trotz der constanten Anwesenheit des Centralstranges anatomisch durchaus nicht höher, eher niedriger als dieser.

Dies bestätigt die protonematische Sprossung der Seta auch morphologisch; denn sie weist nach, dass Stamm und Seta sich in den Formen vegetativer Reproduction gleichverhalten.

Schon hierdurch erhält die Lehre vom Generationswechsel der Moose eine berichtigende Einschränkung.

Die beiden Wechselabschnitte der Moose erscheinen nicht mehr, wie bisher, als nach Propagation und Gestaltung durchweg verschiedenartige Gebilde, sondern nur als relativ verschieden entwickelte Glieder gleichartiger Organisation, von denen das eine die Sporangien, das andere die Sexualorgane trägt.

Ferner zeigt die Erscheinung, dass unter Umständen im Generationswechsel der Moose die Sporenbildung übersprungen werden kann.

---

[1]) Ueber den anatomischen Bau des Moosstammes in: Sitzungsberichte der math.-naturw. Klasse der Kais. Acad. d. Wiss. in Wien. Band 43. Abtheilung 2. (1861) pag. 497.

[2]) Grundlinien einer vergleichenden Anatomie der Laubmoose in: Jahrbücher f. wiss. Bot. Band VI. pag. 363 und Abhandlung. der Königl. Acad. d. Wiss. zu Berlin aus dem Jahre 1867. pag. 1.

Früher schon hat die Beobachtung der Prothalliensprossung von Farlow für die Farnkräuter einen Fall kennen gelehrt, in welchem bei diesen im Generationswechsel die sexuelle Zeugung ausfällt.

In beiden Fällen kann daher unter Umständen, dort durch Ausfall der Sporenbildung, hier durch Ausfall der Zeugung, die sonst regelmässige Abwechselung zwischen Sporen- und Eibildung unterbleiben.

In soweit ergänzen sich die beiden Beobachtungen gegenseitig. Sie tragen beide zu einer genaueren Bestimmung des Entwickelungsverhältnisses bei, welches im Generationswechsel seinen Ausdruck findet. Sie heben jedoch den Generationswechsel der Moose und Farn nicht auf, sondern erleichtern nur seinen Anschluss an diejenigen Entwickelungsvorgänge bei Thallophyten, welche auch hier den wahren, sexuellen Generationswechsel in die Erscheinung bringen. Sie erhalten endlich in den genetischen Beziehungen zu diesem Generationswechsel der Thallophyten ihr richtiges Verständniss und ihre ausreichende Erklärung.

Aber nicht in der Fruchtbildung, sondern in der Aufeinanderfolge freier, dimorpher Generationen finde ich den Generationswechsel bei den Thallophyten vertreten.

Diese von den verbreiteten Vorstellungen abweichende Anschauung, welche auch meinen Versuchen mit Moosen zu Grunde gelegen hat, soll nun in dem nachfolgenden Aufsatze ausführlicher und im Zusammenhang mit den Homologien der Sporangien und sexuellen Früchte ihre Begründung finden und, soweit dies jetzt thunlich ist, für die einzelnen Thallophytenkreise durchgeführt werden. Eine willkommene Bestätigung der Thatsache selbst — der Sprossung der Moosfrüchte — ist inzwischen bereits durch die Beobachtungen von Stahl in der Botanischen Zeitung vom 3. November 1876 erfolgt.

Zur Erklärung der Abbildungen der hierher gehörigen Tafeln I. und II. welche Sprossungen der Seten mehrerer Moose und Längs- und Querschnitte sprossender Seten darstellen, wird das Folgende genügen:

Tafel I.

Fig. 1. 4. 5. Hypnum serpens.

Fig. 2. Hypnum cupressiforme.

Fig. 3. Bryum caespitosum.
Fig. 6. Querschnitt sprossender Seta von Hypnum serpens.

Tafel II.

Fig. 1. Hypnum serpens.
Fig. 2. Hypnum cupressiforme.
Fig. 3. Längsschnitt d. sprossende Seta von Hypnum serpens.
Fig. 4. 5. Längsschnitt d. sprossende Seta von Bryum caespitosum.

II. Ueber den Generationswechsel der Thallophyten und seinen Anschluss an den Generationswechsel der Moose.

Die Lehre vom sexuellen Generationswechsel [1]) der Pflanzen, durch Hofmeister's umfassende Untersuchungen für die Cormophyten begründet, verlangt eine auf die Thallophyten ausgedehnte, einheitliche Behandlung.

Bisher hat man die dem Generationswechsel der Cormophyten gleichwerthige Erscheinung in der Fruchtbildung der Thallophyten gesucht. Hieraus ist dann für Florideen und Ascomyceten die Lehre von den „sexuellen Sprossgenerationen“ entstanden.

Die Wechselgenerationen der Thallophyten haben jedoch durchweg einen viel selbständigeren Character als die der Cormophyten. Ihre

[1]) Unter „sexuellen Generationswechsel“ verstehe ich im Gegensatze zur Sprossfolge alle Erscheinungen einer durch das Eingreifen des Geschlechtsactes bedingten Succession von geschlechtlichen und ungeschlechtlichen (neutralen) Individuen oder Stöcken. Gegen den Ausdruck „antithetischen Generationswechsel“ (Celakowsky: über die verschiedenen Formen und die Bedeutung des Generationswechsels der Pflanzen. Sitzungsber. d. math.-naturw. Classe d. böhmischen Gesellsch. d. Wiss. 6. März 1874) hat bereits Al. Braun (Gymnospermie der Cycadeen Monatsber. d. Königl. Academie d. Wiss. zu Berlin, April 1875 pag. 294) Einsprache erhoben. Er ist am allerwenigsten für die Wechselgenerationen der Thallophyten in meinem Sinne anwendbar. Allein auch die Bezeichnung „embryonaler Generationswechsel“ (Braun a. a. O.) würde höchstens für die Cormophyten Geltung haben können, nicht für die Thallophyten, bei welchen von einem Embryo nicht die Rede sein kann. Die Bezeichnung der hierher gehörigen Erscheinungen als „sexueller Generationswechsel“ erscheint daher als die umfassendste und drückt zugleich den wesentlichsten Character aus, welcher sie hervorruft. Neben diesem eigentlichen Generationswechsel giebt es bei Pflanzen nur noch die Aufeinanderfolge verschiedenartiger Axen einer Generation, die Sprossfolge, die man als „vegetativen Generationswechsel“ bezeichnen kann. Während der sexuelle Generationswechsel, wie ich ihn begreife und in diesem Aufsatze für die Thallophyten festzustellen suche, ganz in die Sphäre der Fructification, fällt der Sprosswechsel ganz in die der Vegetation. —

Früchte sind keineswegs die homologen Gebilde der neutralen Generationen der Cormophyten — des Sporogoniums der Moose und der Farnpflanze.

Der Generationswechsel der Moose schliesst sich vielmehr unmittelbar an diejenigen Erscheinungen der Aufeinanderfolge freier Generationen bei Thallophyten an, von denen die einen die neutralen, die anderen die sexuellen Pflanzen darstellen; eine Aufeinanderfolge, deren regelmässige Wiederkehr ich schon in meinen ersten algologischen Abhandlungen an Saprolegnien, Vaucherien, Oedogonien, Coleochaeteen ausführlich beschrieben habe.[1])

Die Erweiterung, welche seitdem unsere Kenntnisse über die Sexualität und den Entwickelungsgang der Thallophyten erfahren haben, weisen die Uebereinstimmung der beiden Erscheinungsreihen nach und die Identität der Seta und des Moosstammes, wie sie aus der vegetativen Sprossung der Seta erschlossen werden darf, ist nur eine weitere Bestätigung derselben.

In diesem Anschluss treten dann auch die wahren Homologien der sexuellen Früchte mit den neutralen Sporangien deutlich hervor, und die Homologien der Mooskapsel mit den Sporangien der Farnkräuter und den Pollensäcken der Gymnospermen und Phanerogamen, die bei der gegenwärtigen Betrachtung mehr zurücktraten,[2]) werden wieder in ihre alten Rechte eingeführt; die Früchte der Thallophyten aber erscheinen nicht mehr als die homologen Gebilde der neutralen Generationen der Cormophyten, — des Sporogoniums der Moose und der beblätterten Farnpflanze.

Um diesen im Folgenden näher ausgeführten Gedanken an einigen Beispielen sofort klar zu machen, so steht, wie ich meine, das Moossporogonium zur Moospflanze etwa in dem Verhältnisse, wie die Sporangien tragenden Saprolegnien-Exemplare zu den die Oogonien tragenden; oder wie unter den Florideen die Exemplare mit Vierlingsfrüchten zu den Exemplaren mit Kapselfrüchten. Ich wende mich daher hier zunächst gegen die Vorstellung von den Fruchtgenera-

[1]) Nova Acta. A. C. L. N. C. Vol. XXX. P. I. pag. 428—433. Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. I. pag. 59—62; und II. pag. 25—27. Es fällt diese Aufeinanderfolge weder nothwendig noch immer mit den Reihen- und Uebergangs-Generationen von Naegeli (Einzellige Algen Seite 25) zusammen, welche schon ausserhalb der Fructification liegende Vorgänge mitbegreifen.

[2]) Man vergl. z. B. Sachs, Lehrb. d. Botanik IV. Auflage pag. 341.

tionen bei den Thallophyten überhaupt und im Besonderen gegen die Vorstellung von den „sexuellen Sprossgenerationen" bei Florideen und Ascomyceten.

Unter den Früchten und Sporen der Oosporeen finden sich allerdings einzelne unzweifelhafte Anschlüsse an die Moosfrüchte. Schon einige Jahre nach Hofmeister's Untersuchungen habe ich auf diese Homologie einiger Algenfrüchte mit der Moosfrucht bei Coleochaete und Oedogonium[1]) aufmerksam gemacht. Vaucheria, Oedogonium, Coleochaete sind seitdem wiederholt zum Ausgangspunkt der Vergleichung der Thallophytenfrüchte mit den Moosfrüchten geworden. An die Oosporen von Vaucheria und Oedogonium knüpfen wieder die anderen sexuell entstandenen Oosporen und Zygosporen an; diese sind theilweise wie einsporige Früchte angesehen worden, ein Punkt, auf den ich weiter unten zurückkommen werde. So zeigt die zusammenhängende Reihe dieser Sporen durch Coleochaete einen natürlichen Uebergang zu den Moosfrüchten. Denn die befruchtete Gonosphäre von Coleochaete ist offenbar einerseits der befruchteten Gonosphäre der Moose und andererseits den Oosporen von Oedogonium und Vaucheria und ebenso der durch Paarung entstandenen Oospore von Pandorina oder den Copulationssporen der Spirogyren gleichwerthig.

Daraus folgt für Coleochaete die bereits in meiner ersten Veröffentlichung gegebene Deutung, dass der innere Gewebekörper der Frucht, in welchem die Schwärmsporen entstehen, die zweite Generation im Sinne des Sporogoniums der Moose bildet, dass ferner das berindete Oogonium dem Archegonium der Moose aequivalent und endlich dass die ganze Coleochaete-Frucht daher auch der ganzen Moosfrucht gleichwerthig ist, d. h. dem Sporogonium sammt Calyptra oder dem Sporogonium sammt Vaginula und Haube.

Diese Deutung schliesst sich genau an den Bau und die Entwickelung der einzelnen Theile der Moosfrucht an und ich halte sie noch heute für richtig.

Nun hat man aber später die Vergleichung mit der Moosfrucht auf die Früchte aller Thallophyten ausgedehnt, indem man bei ihnen überall den Gegensatz der Wechselgenerationen in einem Gegensatz von Pflanze und Frucht hat finden wollen, während ich glaube, dass

---

[1]) Monatsbericht der Berliuer Academie vom Mai 1856. Pag. 235.

derselbe in dieser Form, soweit bis jetzt bekannt, nur bei Coleochaete und rudimentär vielleicht noch bei wenigen niedrigen Algen und Pilzen besteht.

Zugleich haben die Befruchtungsvorgänge bei Florideen, bei welchen die Frucht sichtlich als ein Product des Sexualactes erscheint, den Anstoss gegeben, hier nicht mehr, wie bei Coleochaete, zwischen Sporenkörper und Fruchtgehäuse genau zu unterscheiden, sondern die ganze Frucht als das homologe Organ des Sporogoniums der Moose anzusehen, eine Anschauung, die ich gleichfalls nicht für zulässig halte, die aber allgemein verbreitet ist.

So finden die neueren Mycologen in dem Verhältniss der Pilzfrucht zum Mycelium einen ähnlichen durch die Zeugung bedingten Gegensatz, wie zwischen dem neutralen Moossporogonium und der sexuellen Moospflanze. Hierin stimmen wenigstens alle diejenigen überein, die das Geschlecht der Ascomyceten anerkennen.

Diese Auffassung theilen auch die Schriftsteller, welche in neuerer Zeit die Erscheinungen des Generationswechsels bei den Pflanzen zum Gegenstand vergleichender Betrachtungen gemacht haben und halten sie nicht nur für Ascomyceten und Florideen, sondern überhaupt ganz allgemein bei Algen und Pilzen aufrecht. So z. B. Celakowski[1]) und Alex. Braun[2]).

Um die ganze Reihe dieser Fruchtbildungen in der Weise, wie es hier geschehen ist, an die Fruchtbildung der Moose anzuschliessen, musste man nothwendig den wesentlichsten Character der Wechselgenerationen, die Entstehung aus einer freien Zelle, fallen lassen und gewann scheinbar den Anschluss, indem man die Früchte der Florideen und Ascomyceten als „Sprossgenerationen“ den freien Generationen bei Moosen und Gefässcryptogamen an die Seite stellte.

Diese Sprossgenerationen hat Sachs[3]) alsdann sogar auf Chara und Coleochaete ausgedehnt. So erscheint nun bei Coleochaete gar nicht mehr das innere Sporengewebe, sondern die ganze Frucht als das homologe Organ des Sporogoniums. Wir stossen hier auf Abweichungen und Widersprüche in den Vorstellungen, die eine Klärung der Begriffe durchaus nothwendig machen, zumal wir sogar

---

[1]) Sitzungsber. d. böhm. Gesellsch. d. Wiss. vom 6. März 1874.

[2]) Monatsber. d. Berliner Academie der Wiss. April 1875. Pag. 298 u. f.

[3]) Lehrbuch der Botanik. II. Auflage.

innerhalb der gemeinsamen Vorstellung der „Sprossgenerationen“ bei denjenigen Schriftstellern, die sie theilen, zweien nicht nur ihrem Umfange, sondern auch ihrem Inhalte nach durchaus verschiedenen Anschauungsweisen begegnen. Denn die Einen betrachten die ganze Frucht, wie sie als einheitliches Gebilde an der Pflanze in die Erscheinung tritt, die Anderen nur einen Theil derselben — etwa das aus den Fruchtanfängen sich entwickelnde fertile Gewebe — für den neuen Spross, die „Sprossgeneration“ der Pflanze und dem Sporogonium der Moose gleichwerthig.

Allein meiner Ueberzeugung nach hat die Einführung des Sprossbegriffes in die klaren Vorgänge des sexuellen Generationswechsels den Blick von den realen Anfängen der neuen Generationen überhaupt abgelenkt.

Es ist kaum zu sagen und nirgends scharf und klar ausgesprochen, was eigentlich unter dem Begriff der zum sexuellen Generationswechsel gehörigen „Sprossgeneration“ verstanden werden soll.

In zahlreichen Entwickelungskreisen der Thallophyten sind die den Sprossen entsprechenden Bildungseinheiten unfassbar. Es ist daher der willkürlichen Deutung allerdings ein weiter Spielraum gegeben.

Allein man darf gewiss nicht jeden beliebigen Complex von Gebilden, Organen oder Theilen von Organen, der mehr oder weniger den Eindruck einer abgeschlossenen Gestalt gewinnt, als Spross oder Sprossgeneration bezeichnen. Es muss doch verlangt werden, dass auch die Sprossgenerationen der Thallophyten eine in der Entwickelung der Pflanze wiederkehrende Wachsthumseinheit repräsentiren. Und dies allein genügt auch nicht. Soll der Spross eine höhere, morphologische Einheit als die Zelle beanspruchen — und sonst hat er keinen Sinn — so muss er offenbar bereits eine gegliederte Wachsthumseinheit darstellen, innerhalb deren Sphäre differenzirte Theile als Organe des Sprosses erkennbar werden. Nun kommen zwar in vielen Thallophytenkreisen Wachsthumseinheiten vor, die dem cormophytischen Sprosse sich nähern und ich selbst habe mich bemüht für einige Fälle nachzuweisen, dass das gegliederte Thallom durch zunehmende Wachsthumsabweichungen seiner ursprünglich gleichartigen Verzweigungen den Character von Sprossen gewinnen kann[1]). Allein

[1]) Ueber den Gang der morphologischen Differenzirung in der Sphacelarien-Reihe: Abhandl. d. Königl. Acad. d. Wiss. in Berlin vom Jahre 1873.

dies ist für die Mehrzahl der Thallophytenkreise, in denen, wie ich es auffasse, die Differenzirung des Sprosses sich erst vorbildet, noch nicht durchgeführt und die Existenz von Thallomen, die noch keinen cormophytischen Werth haben, gilt namentlich für die grössere Reihe derjenigen Formen, deren Früchte man als Sprossgenerationen bezeichnet hat.

Endlich haben diese Früchte, selbst wenn man die Existenz von Sprossen überall supponiren wollte, und auch dort, wo sie wirklich anzunehmen sind, durchaus nicht nothwendig und nicht überall den Werth von Sprossen.

Für die Characeen, deren Aufbau eine bereits deutlich-cormophitische Gliederung zeigt, mag das gelten. Bei ihnen kann die Fruchtanlage als Spross betrachtet werden, allein auch hier fällt der Fruchtspross gar nicht mit der neuen Generation zusammen. Wir haben es hier mit der Metamorphose eines ganzen Sprosses — sofern man die Fruchtanlage für einen solchen hält — in ein weibliches Sporangium (Archegonium) zu thun.

Für Coleochaeteen, Florideen und Ascomyceten liegt das Verhältniss wieder anders.

Hier repräsentiren die Früchte in den meisten Fällen nicht einmal eine einzige in sich geschlossene Wachsthumseinheit.

Ihre Bildungsgeschichte zeigt, dass in ihnen, wie bei Coleochaete, drei mehr oder weniger ihrem Ursprung und ihrer Bedeutung nach wesentlich verschiedene Theile zusammentreten. Der Sporenkörper, seine Hülle und die neuen Generationen. Es bleibt hier nur der täuschende Eindruck der abgeschlossenen Gestalt, welcher diesen Früchten den Anschein von Bildungseinheiten giebt.

Diesen Character theilen jene Früchte jedoch nicht nur mit den einfacheren Fruchtformen der Oosporeen — den Oogonien —, bei welchen die Auffassung als sexuelle Sprossgenerationen ganz unhaltbar wäre, sondern überhaupt mit allen Fructificationsorganen — Sporangien- und Antheridienformen — derjenigen Thallophyten, deren Thallus eine über die einzelne Zelle hinausgehende Differenzirung erreicht. —

Die Uebereinstimmung in Stellung und Anordnung und die Analogien im Bau und in der Entwickelung zwischen Kapselfrüchten, Vierlingsfrüchten und Antheridien der Florideen, oder zwischen den einfächrigen und den vielfächrigen Sporangien und den

Antheridien der Phaeosporeen oder auch zwischen den Perithecien, den Pycniden und den Spermogonien u. s. w. lassen die verschiedene Deutung der einen als Generationen, der anderen als Organe kaum zu. Denn Sporangien, Antheridien und weibliche Früchte bilden drei parallel laufende Reihen von Organen, die in jeder Reihe von einer einfachen, einsporigen oder mehrsporigen Mutterzelle zu complicirter gebauten Formen ansteigen und schon in ihren einfacheren Formen eine deutliche Abgeschlossenheit und Selbständigkeit gegenüber der Mutterpflanze annehmen. —

Es ist kaum nöthig dies mit Beispielen zu belegen. Nur um den gleichartigen Gang dieser steigenden Differenzirung und Gewinnung einer selbständigeren Gestalt in den drei Reihen anzudeuten, greife ich einige Formen heraus.

Für die Sporangien: Mutterzellen der Schwärmsporen bei Oedogonium; Zoosporangien von Vaucherien, Saprolegnien, Codium; Oosporangien und Trichosporangien e. p. der Phaeosporeen; Vierlingsfrüchte und Schistidien der Florideen. Pycniden.

Für die Antheridien: Mutterzellen der befruchtenden Schwärmsporen bei Coleochaete. Antheridien von Vaucheria; von Farn; Cutlerien; Polysiphonien; Laurencien; Spermogonien der Flechten; Antheridien der Characeen.

Für die sexuellen Früchte: Oogonien von Vaucheria; von Dictyota; von Fucus; von Saprolegnia; Copulationsfrüchte der Zygnemeen, Desmidiaceen, Mucorineen; Oogonien von Zanardinia. Kapselfrüchte; Apothecien; Perithecien; Sporenknöspchen der Characeen. —

Ueberblickt man die vielseitigen Analogien dieser drei Reihen von Organen, so drängt sich von selbst die Deutung auf, dass sie einen gemeinsamen Ursprung haben, dass sie nach drei Richtungen divergirende Gestaltungsreihen einer einzigen Grundform, eines ursprünglich einheitlichen Fructificationsorgans — des neutralen Sporangiums — darstellen, aus welchen sie bei der Differenzirung der Sexualität entstanden sein möchten.

Wir können in diesem Sinne daher von sächlichen, männlichen und weiblichen Sporangien, als drei Reihen von Organen reden, die eine genetische Correlation zu einander haben und deren Homologien

über die Thallophyten hinausreichen. In den Cormophyten verkümmern die weiblichen Sporangien — Calyptra der Moose; Gewebepolster des Embryo bei Gefässcryptogamen — von den Moosen aufwärts, bis sie bei Gymnospermen nur noch spurweise vorhanden in den Phanerogamen verschwinden. In wie weit nun diesen Sporangienformen der drei Reihen der Werth von ganzen Sprossen, Theilen von Sprossen oder Spross-Complexen zukommt, oder in wie weit Theile verschiedenartiger Sprosse in ihre Bildung eingehen, muss für jeden einzelnen Fall genau unterschieden werden und hängt von der Höhe der sprossartigen Differenzirung ab, welche das Thallom auf dieser Stufe der Entwickelung überhaupt erreicht hat. —

Es rechtfertigt sich daher unter keinem Gesichtspunkte, der ganzen Frucht von Coleochaete und den ganzen Früchten der Florideen und Ascomyceten den Character von einheitlichen Sprossgenerationen zu vindiciren und sie mit den Generationen der Cormophyten zu vergleichen, die unter jedem Gesichtspunkte wahre und volle Bildungseinheiten repräsentiren.

Ebenso wenig können aber bestimmte Theile des Gewebes der Früchte — etwa das fertile Gewebe, wenn man dasselbe für sich allein als Ganzes betrachten wollte — als die zweite Generation, und diejenigen Gewebselemente, welche den befruchteten Einfluss direct erfahren haben, als die Anfänge dieser Generation gelten.

Bei Florideen nimmt immer, bei den Ascomyceten zum Theil das direct befruchtete Organ — Trichogynehaar; copulirende Zelle des Carpogon — gar nicht an der Bildung des eigentlichen Fruchtkörpers und des Sporenlagers Theil. Man könnte deshalb durchaus nicht ohne Weiteres und ohne genaue Scheidung den ganzen Trichophor oder das ganze Carpogon als die Anfänge der neuen Generation bezeichnen.

Als solche müssten vielmehr bald die Basis der Trichogyne allein, bald diese mit einer oder mehreren Zellen des Trichophor, bald das ganze Ascogon, bald eine oder mehrere Zellen des Carpogon gelten, sämmtlich oder vorwiegend Zellen, die den befruchtenden Einfluss gar nicht direct erfahren haben. Die Scheidung zwischen befruchteten und unbefruchteten Zellen wäre hier, sobald man einmal über die Stelle, wo die Copulation stattfindet, hinausgeht, in den meisten Fällen gar nicht scharf durchführbar. Und ebenso, wie diese

Anfänge an sich, so würden auch ihre Producte schon in nächst verwandten Formen keine gleichartige, und am allerwenigsten eine morphologische Einheit repräsentiren. Das fertile Gewebe z. B. für sich allein aus seiner Hülle geschält, würde in den verschiedenen Formen äusserst verschiedene Gebilde begreifen und nicht einmal jene abgeschlossene Einheit der äusseren Gestalt besitzen, welche man für die Auffassung der ganzen Frucht als Sprossgeneration noch anführen kann. —

In der That sind auch Trichophor mit Trichogyne und Carpogon nicht die Anfänge neuer Generationen, sondern Anfänge von Sexual-Organen an der weiblichen Pflanze. Sie haben morphologisch genau den gleichen Werth wie die Archegonien der Moose und Farn, die gleichfalls nicht Anfänge neuer Generationen, sondern die Bildungsstätten der neuen Generationen sind. So auch hier. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Trichophore und Carpogone der Florideen und Pilze die Sporen nicht immer durch einen rein endogenen, sondern theilweise durch einen proliferirend endogenen Bildungsvorgang erzeugen.

Einige, z. B. die Ascogone von Eurotium, die Trichophore der wahren Favellen und Favellidien, sind selbst hierin von den Oogonien und Archegonien gar nicht oder nur wenig verschieden.

Man hat die unleugbare Bedeutung der Früchte der Florideen und Ascomyceten als Organe der Mutterpflanze und ihre vorhin weiter ausgeführten Homologien mit den anderen Fructificationsorganen — Sporangien und Antheridien — nur deshalb übersehen, weil hier die auffallende Erscheinung hinzutritt, dass das weibliche Organ direct und schon vor Anlage der neuen Generationen befruchtet wird.

Allein es findet bei den Pflanzen gar keine nothwendige Beziehung des Zeitpunktes der Befruchtung zu der Zeit der Entstehung der neuen Generation statt und der Act der Befruchtung kann ebenso gut vor der Anlage der neuen Generationen erfolgen, als er in anderen Fällen nach der Anlage derselben erfolgt. —

Man könnte daher selbst über Trichophor und Carpogon hinausgehen und die Mutterzellen der Kapselsporen oder die Asci der Ascomyceten als die neuen Sprossgenerationen bezeichnen und auch diese noch nirgends vertretene Ansicht könnte ebenso gut ihre Vertheidiger finden; allein es liegt Nichts näher, als der Hinweis auf die wahren Anfänge

der neuen Generationen in den Früchten. Nur sind dies nicht die ganzen Fruchtanfänge, auch nicht im Zusammenhange mit der Mutterpflanze verbliebene Gewebezellen, die den Einfluss der Befruchtung erlitten haben, sondern sie sind — wie die Oosporen — isolirte, freie Zellen, die die auf einander folgenden Generationen scharf von einander scheiden. Es sind die Sporen der Kapselfrüchte und die Sporen der Asci.

Nach dieser Auffassung entstehen daher die Anfänge der Generationen bei den Thallophyten überall als freie Zellen, die einen ohne Beziehung zur Befruchtung in den Sporangien (neutrale Sporangien oder auch neutrale Früchte); die anderen mit Beziehung zur Befruchtung in den Oogonien oder in und an den Archegonien jeder Art (weibliche Sporangien).

Die Letzteren werden entweder, wie die wahren Gonosphären der eigentlichen Archegoniaten, direct befruchtet oder sie entstehen wie bei Florideen und Ascomyceten unter dem Einfluss der Befruchtung in den befruchteten Sporangien, d. h. der materielle Einfluss der Befruchtung wird bei diesen Pflanzen im Gewebe des weiblichen Sporangiums von der eigentlichen Copulationsstelle bis auf die Sporen fortgeführt. —

Dieser Vorstellung liegen im Pflanzenreich weit verbreitete und allgemein bekannte Erscheinungen zu Grunde. Ueberall, wo es zur Entstehung einer höher entwickelten Frucht kommt, reicht der Einfluss der Befruchtung auch bei den Thallophyten über die Stelle, wo sie unmittelbar ausgeübt wird, hinaus und macht sich in zwei getrennten, von einander genau zu unterscheidenden Wirkungen geltend. Der einen unterliegen die Anfänge der neuen Generationen; der anderen ihre Bildungsstätten (weibliche Sporangien im weitesten Sinne — Trichophore, Carpogone, Archegonien). Durch die erstere werden die Anfänge der neuen Generationen sexuell vollendet; durch die zweite die verschiedenen Formen der sexuell beeinflussten Fruchtgehäuse[1])

[1]) Als sexuell beeinflusste Fruchtgehäuse gelten mir die Fruchthülle sammt Oogonium bei Coleochaete; das Sporenknöspchen der Characeen? die Kapselfrucht; die Perithecien; die Apothecien; die Calyptra mit einem Theil des Blüthenbodens bei den Lebermoosen; Calyptra, Vaginula und ein Theil des Blüthenbodens bei den Laubmoosen und das Gewebepolster, in welchem der Embryo der Gefässcryptogamen später eingebettet erscheint. In Gymnospermen und Phanerogamen verschmelzen die neutralen und die sexuellen Fruchtgehäuse zu einer einzigen Bildung.

hervorgerufen oder in ihrer Entwickelung gefördert. Obzwar diese beiden Wirkungen in den meisten Fällen zusammenfallen und durch einen einzigen Befruchtungsact ausgeübt werden, so treten sie dagegen doch in anderen Fällen sichtlich in zwei getrennte Acte auseinander.

Bei den Phanerogamen kann die Annahme eines sogenannten, von der Befruchtung unabhängigen Fruchtungsvermögens keineswegs die Thatsache umstossen, dass die Entwickelung der Frucht so gut wie die des Embryo unter dem Einflusse der Befruchtung steht. Es hiesse die Ausnahme zur Regel machen, wollte man diesen Einfluss leugnen, denn Niemand wird doch, weil Parthenogenesis besteht, die Existenz der Befruchtung bezweifeln.

Wie weit dieser Einfluss hier reicht, von welchen Bedingungen er abhängt, ob die Wirkung mittelbar durch den Embryo oder direct auf das Gewebe der Narbe, des Griffelcanals oder des Ovulums erfolgt mag zunächst dahin gestellt bleiben. Ich verweise hierüber auf die älteren Erfahrungen von Gärtner und die neueren Untersuchungen von Hildebrand an Orchideen[1]).

Bei den Cryptogamen ist es dagegen unzweifelhaft, nicht nur dass die Befruchtung diese doppelte Wirkung hat, sondern dass dieselbe auch in verschiedenen Entwicklungsperioden und an verschiedenen Stellen des weiblichen Sexualorgans ausgeübt und hier von einer Stelle auf die andere übertragen wird.

Hiernach lassen sich mehrere Modificationen des Befruchtungsacts unterscheiden.

In der einen grossen Reihe von Formen wird direct die Gonosphäre befruchtet und die Wirkung überträgt sich von hier aus auf das Bildungsorgan, das Archegonium.

Dies ist bei Coleochaete und bei allen eigentlichen Archegoniaten der Fall. Die Entstehung der Hülle bei Coleochaete, die Wucherungen und Neubildungen in den Archegonien und dem Blüthenboden, die bei den Moosen zur Entstehung der Calyptra oder Vaginula, sowie zur Erhebung des Blüthenbodens führen, bei den Gefässcryptogamen aber die Bildung des Gewebepolsters hervorrufen, in welchem später der Embryo eingebettet liegt, sie alle stehen in gleicher oder

---

[1]) Man vergleiche hierüber: Gärtner, Beiträge zur Kenntniss der Befruchtung. (1844) Bd. I. Capit. X., XII. und: Ueber die Bastarderzeugung im Pflanzenreiche (1849). Cap. XIX. — Ferner Hildebrand: Die Fruchtbildung der Orchideen etc., in der Bot. Zeitung 1863. Nr. 44. — und Darwin: Das Variiren der Thiere und Pflanzen (Deutsche Uebersetzung, Stuttgart 1868) Bd. I. pag. 511 u. f.

ähnlicher Abhängigkeit vom Befruchtungsact, wie die Entstehung des Sporogonium der Moose und des Embryo der Gefässcryptogamen. Sie unterbleiben, wenn die Befruchtung unterbleibt, treten dagegen in Folge derselben regelmässig ein[1]).

Bei den Florideen und Ascomyceten sehen wir nun das umgekehrte Verhältniss.

Die Einleitung der Befruchtung, die Copulation, wird hier an dem Primordium der Bildungsorgane der Sporen, d. h. an der noch unentwickelten Anlage der Frucht ausgeübt, aber ihre Wirkung pflanzt sich von hier aus weiter auf das Bildungsorgan selbst und auf sein Product, die Sporen, fort. Ich betrachte daher die Kapselsporen der Florideen und die Ascosporen der Ascomyceten nicht — wie man bisher pflegte — als geschlechtslos erzeugte, sondern selbst als sexuell erzeugte Sporen, als wahre Oosporen. Während aber die durch Befruchtung von Gonosphären entstandenen Oosporen direct befruchtete Oosporen sind, sind die Kapselsporen der Florideen und die Ascosporen der Ascomyceten mittelbar, durch ihre Sporangien, befruchtete Oosporen. Trichophore und Carpogone aber sind nur unmittelbar befruchtete Archegonien-Formen.

Dass diese Betrachtung nicht etwa bloss eine morphologische Speculation, sondern der natürliche Ausdruck der Erscheinung ist, erweisen diejenigen Modificationen der Befruchtung, bei welchen sie deutlich in zwei, von einander getrennte Acte zerfällt, und ferner diejenigen Fälle, bei welchen die materielle Uebertragung der Befruchtung von einer Stelle auf eine andere sogar äusserlich sichtbar wahrgenommen werden kann.

Ich habe vor einigen Jahren den eigenthümlichen Befruchtungsvorgang bei Saprolegnia und Achlya beschrieben[2]) und nachgewiesen, dass die sonst in einen Act vereinigten Wirkungen der Befruchtung hier deutlich in zwei Acte getrennt in die Erscheinung treten. Bei

---

[1]) Wollte man hier an eine gleichzeitige directe Befruchtung des Archegoniums durch das Spermatozoid denken, wofür die unmittelbar beobachteten Erscheinungen nicht sprechen, so würde hierdurch für die Auffassung des Sachverhaltes bei Florideen und Pilzen doch Nichts geändert. —

[2]) Monatsberichte der Berliner Acadamie der Wissensch. vom 23. Juni 1873, und: Ueber die Bedeutung der hellen Stellen im Protoplasma der Oogonien und über den Modus des Befruchtungsganges bei Saprolegnia und Achlya in: Jahrbücher für wiss. Bot., Bd. IX. pag. 203 u. f.

den benachbarten Gattungen Pythium, Peronospora, Cystopus darf man den gleichen, nur in seinen Einzelheiten weniger durchsichtigen Vorgang voraussetzen.

Hier findet zuerst eine Copulation zwischen Antheridium und Oogonium, dann eine Befruchtung der Gonosphären durch die Antheridienschläuche statt. Die Befruchtung, wirkt hier unzweifelhaft gesondert auf die constituirenden Theile der weiblichen Frucht; zunächst auf die Mutterzellen der Gonosphären und von da wird sie durch die Antheridienschläuche weiter geleitet auf die Gonosphären selbst. Der Befruchtungsact ist sichtlich zerlegt in zwei gesonderte Processe, Copulation und Connubium. Die Copulation erscheint als eine befruchtende Beziehung der Mutterzellen der Zeugungselemente, das Connubium als eine solche der letzten Zeugungselemente selbst.

Eine sichtbare materielle Uebertragung der Befruchtung durch Gewebszellen der weiblichen Pflanzen hindurch, von der Stelle aus, wo sie unmittelbar zuerst ausgeübt wird, auf weit entlegene Fruchtprimordien wird ferner in der überzeugendsten Weise auch durch den von Thuret und Bornet entdeckten, scheinbar ohne jede Analogie dastehenden Befruchtungsvorgang bei Dudresnaya dargethan.

Ja selbst von der gegenwärtigen Annahme „sexueller Sprossgenerationen" ist man schon bei Florideen zu der Vorstellung gezwungen, dass die materielle Uebertragung der Befruchtung vom Trichogynehaar aus in manchen Fällen durch eins oder mehrere Zellen hindurch, im Gewebe der weiblichen Pflanze fortgeleitet wird.

Die Fortführung des befruchtenden Einflusses bis auf die Kapselsporen selbst erscheint hiernach, auch von diesem Standpunkte aus, nur als eine folgerichtige Annahme. In consequenter Weise werden wir daher auch bei Ascomyceten den äusserlich differencirten Befruchtungsact, soweit derselbe hier als constatirt erscheint, als eine blosse Copulation von Urmutterzellen der Zeugungselemente betrachten dürfen, neben welcher gleichfalls noch ausserdem eine materielle Uebertragung der Befruchtung auf die Sporen histologisch durch das fertile Gewebe fort geleitet wird.

Diese complicirten Vorgänge der Befruchtung bei den Pflanzen werden einigermaassen verständlich, wenn man versucht sie in ihrem genetischen Zusammenhange, und in ihren Beziehungen zur Entwickelung der Sexualorgane aufzufassen.

Die wesentlichsten Unterschiede in den Erscheinungsformen der Befruchtung werden offenbar bedingt, je nachdem dieselbe vor oder nach vollendeter Gestaltung der letzten geformten Zeugungselemente (Schwärmsporen oder Spermatozoide einerseits und Gonosphären oder Schwärmsporen anderseits) erfolgt oder eingeleitet wird. — Man kann die Befruchtung, wo sie unter dem einfachen Acte einer Vereinigung von Spermatozoid und Gonosphäre oder beide vertretenden Schwärmsporen erfolgt als „Connubium" bezeichnen. Innerhalb der Connubiums machen sich dann die weiteren Unterschiede geltend nach dem Grade, in welchem die Befruchtung ihren Einfluss über die Gonosphären hinaus auf die weiblichen Sporangien erstreckt. In den einfacheren Formen, bei welchen die Befruchtung ausserhalb des mütterlichen Körpers stattfindet — bei der eigentlichen Paarung von Schwärmsporen und einigen sich nächst anschliessenden Formen der Gonosphären-Befruchtung (Zanardinia, Fucus) ist ein weitergreifender Einfluss der Befruchtung auf die weiblichen Sporangien oder die Mutterzellen der Gonosphären von vorn herein ausgeschlossen. Bei andern einfachen Formen der Gonosphären-Befruchtung (Oedogonien, Vaucheria selbst Chara), findet die Befruchtung zwar im Innern der weiblichen Sporangien, allein erst nach ihrer völligen Ausbildung statt, diese erleiden daher in ihrer Entwickelung gar keine oder eine kaum bemerkbare Einwirkung derselben. Dies sind die weiblichen Sporangien, welche als wahre Oogonien gelten können.

Dagegen zeigt sich der Einfluss der Befruchtung auf die Sporangien in allen Fällen, in welchen die Befruchtung eintritt, während das weibliche Sporangium sich noch auf einem jugendlichen Entwickelungszustande (Archegonium) befindet und erst das Primordium der künftigen Frucht darstellt. In diesen Fällen gelangt die Pflanze zu einer wahren Fruchtbildung.

Dem Connubium gegenüber steht die Copulation, als derjenige Vorgang, bei welchem die Befruchtung schon eingeleitet wird vor vollendeter Gestaltung der männlichen oder selbst vor jeder Anlage geformter, männlicher und weiblicher Zeugungselemente. Hier nehmen schon die Bildungsorgane der Zeugungselemente einen directen Antheil an der Befruchtung, oder führen sie sogar selbständig aus. Die Copulationsphänomene sind daher combinirte Befruchtungsacte, bei welchen neben der Copulation der

Mutterzellen noch die Verschmelzung ihrer geformten oder ungeformten Zeugungselemente als ein besonderer Vorgang besteht und zu unterscheiden ist.

In der dem Connubium näher verwandten Modification der Copulation, wie sie zum Theil bei Chytridien und Saprolegnieen, ferner bei Conjugaten und Mucorineen besteht, tritt die Befruchtung der Gonosphären oder die Vermischung geformter Sporoblasten noch als ein besonderer und von der Copulation der Mutterzellen (Sporangidien wenn diese gleich sind, oder Oogonium und Antheridium wenn sie ungleich sind) sichtbar getrennter Act in die Erscheinung.

Dagegen zeigt die Copulation schon eine weitergehende Abweichung bei der Mehrzahl der Florideen und Ascomyceten, bei welchen die Befruchtung der Gonosphären nicht mehr als besonders sichtbarer Act, sondern durch eine Uebertragung von Zelle zu Zelle, gleichsam histologisch ausgeübt wird, wobei sie bei Florideen zwischen dem schon gestalteten männlichen Zeugungselement und dem Primordium der Kapselfrucht stattfindet, während sie bei Ascomyceten sogar noch vor Gestaltung der Spermatozoiden eintritt.

In beiden Fällen aber steht, wie bei den wahren Archegoniaten, die Entwickelung der Fruchtanlage unter dem Einflusse der Befruchtung, und führt zur Entstehung eines complicirten Fruchtkörpers, während bei Saprolegnien Conjugaten und Mucorineen (Ancylistes, Mesocarpus, Sirogonium, Pyptocephalis) nur Anfänge einer Fruchtgewebebildung bemerkbar sind, die in wenigen Fällen (Phycomyces, Mortierella) eine weitergehende Ausbildung erfahren.

Die Paarung der Schwärmsporen bezeichnet, wie ich bereits in meiner Abhandlung über Pandorina [1]) nachzuweisen versucht habe, eine der frühesten Formen geschlechtlicher Zeugung [2]). Für die zweifellos

---

[1]) Monatsbericht der Berl. Acad. d. Wiss. October 1869.

[2]) Während dieser Aufsatz gedruckt wird, erhalte ich eine Abhandlung von Cienkowski: „Zur Morphologie der Ulothricheen" (Mélanges biologiques t. d. Bullet. de l'Acad. Impér. d. sc. de St. Petersbourg $\frac{\text{20. Mars}}{\text{1. Avril}}$ 1876), in welcher der Verfasser eine nicht ganz vollständige Beobachtung eines Befruchtungsvorganges an Cylindrocapsa (Reinsch), einer mit Ulothrix verwandten Conferve, mittheilt. Daraus dass hier Gonosphären-Befruchtung stattfindet, will Cienkowski schliessen, dass die Befruchtung auch bei Ulothrix in derselben Form stattfinden müsse und dass deshalb die von Cramer und Dodel beobachtete Paarung der Microgonidien

aus derselben hervorgegangene, dem Connubium in meinem Sinne angehörige Reihe, habe ich das durchgreifende Vorkommen eines Empfängnissfleckes[1]) an den Gonosphären geltend gemacht.

Ich war jedoch nicht im Stande einige Ausnahmen — wie z. B. das Fehlen des Empfängnissfleckes bei Saprolegnia, Peronospora etc. zu erklären.

Auch liessen offenbar die Befruchtungsvorgänge der Florideen und Ascomyceten, worauf ich selbst aufmerksam machte sich auf das Schema der Paarung nicht zurückführen[2]).

Die hier dargelegten Gesichtspunkte über die Befruchtungsvorgänge heben diese Schwierigkeiten zum Theil.

Der dem farblosen Ende der Schwärmsporen entsprechende Empfängnissfleck der Gonosphären ist morphologisch homolog und seiner Function nach identisch mit dem Haar der Trichogyne bei den Florideen.

Ganz so, wie bei denjenigen Florideen-Früchten von einfachem Bau (Nemalion), bei welchen der gesammte Sporencomplex aus der durch den Isthmus begrenzten Basis der Trichogyne hervorgeht, die ganze Trichogyne, obgleich ursprünglich eine einzige Zelle, dennoch deutlich aus zwei getrennten Theilen besteht, dem für die Empfängniss bestimmten Organ (Trychogynehaar) und dem eigentlichen Primordium der Sporencomplexe (Trichogynezelle Solms-Laubach[3]) so besteht jede Gonosphäre, welche einer directen Befruchtung unter-

bei Ulothrix nicht als Befruchtungsact zu deuten sei. Dieser Schluss entbehrt jedoch jeder Begründung. Dass in verwandten Formen niedriger Organismen sehr verschiedene Modificationen des Befruchtungsactes auftreten zeigen Chytridien und Saprolegnien (man vergleiche Seite 37 dieses Aufsatzes) und die Beobachtung von Cienkowski würde nur dafür sprechen, dass die Befruchtungsvorgänge der Conferven sich schon in der Ulothrix-Gruppe differenzirt haben, gerade wie die der Pilze in der Grup; e der Chytridien und Saprolegnien.

[1]) Ich gebrauche diesen später von Strasburger eingeführten Ausdruck an Stelle der ursprünglich von mir gebrauchten Bezeichnung „Befruchtungsfleck“ und „Keimfleck“, weil er keine Missdeutung zulässt.

[2]) In Bezug auf das Nähere hierüber verweise ich auf die Bemerkungen von De Bary zu meinem Aufsatz über Paarung (Bot. Zeit. 1870. pag. 90) und meine Erwiderung auf dieselben (Bot. Zeit. 1870. pag. 265).

[3]) Ueber die Ausdrücke „Isthmus“, „Trichogynezelle“, „Trychogynehaar“, vergleiche man die genaue und detaillirte Unterscheidung bei Solms-Laubach. (Ueber die Fruchtentwicklung von Batrachospermum Bot. Zeit. 1867. pag. 165.)

liegt, aus zwei Theilen, der eigentlichen materiellen Anlage der künftigen Oospore und dem am Vorderende befindlichen, das Trychogynehaar vertretenden, für die Empfängniss bestimmten Organ.

In allen Fällen nun, in welchen die Befruchtung in zwei Acte zerlegt und der einleitende Act der Empfängniss (Copulation) von der eigentlichen Befruchtung der Gonosphären getrennt ist, kann man daher auch den Empfängnissfleck nicht an der Gonosphäre, sondern muss ihn an der Stelle suchen, wo die erste Berührung der männlichen Zeugungselemente mit dem weiblichen Organ stattfindet.

Dies ist der Fall bei Saprolegnia und Achlya, wo das dem Empfängnissfleck der Oosporen oder dem Trychogynehaar der Florideen homologe Organ deutlich in den Copulationswarzen der Oogonien vertreten ist. Es liegt nahe, auch bei dem weniger durchsichtigen Befruchtungsacte von Peronospora und Cystopus das Erscheinen des Empfängnissfleckes an den Oogonien zu vermuthen.

Soweit ich es bis jetzt übersehe würden daher die Gonosphären von Fucus den einzigen Fall bilden, der sich dieser Anschauung noch nicht fügen will.

Treten wir nun der Frage nach dem Generationswechsel der Thallophyten wieder näher, so muss zunächst auch für diejenigen Thallophyten, deren Oosporen direct befruchtet werden und für diejenigen, welche Zygosporen haben, die Frage nach dem Anfange der neuen Generationen, so wie es für Florideen und Ascomyceten oben geschehen ist, genauer als bisher bestimmt werden.

Sind z. B. die Oosporen von Vaucheria, Saprolegnia, Cystopus u. s. w.; die aus Paarung oder Gonosphären-Befruchtung hervorgegangenen Sporen der Volvocineen; ferner die Zygosporen der Spirogyren, Desmidiaceen, Mucorineen u. s. w. als ein- und mehrsporige Früchte oder als Sporen zu deuten?

So lange man den Generationswechsel der Tallophyten nach dem Schema der Moose im Gegensatz von Frucht und Pflanze suchte, erschien es, um den Anschluss an die Moose zu gewinnen, fast folgerichtiger sie für ein- und mehrsporige Früchte zu erklären [1]). Doch drängte sich das Bedenkliche dieser Vorstellung schon früh auf

[1]) Al. Braun: Ueber Parthenogenesis bei Pflanzen in Abhandlungen der Berliner Acad. der Wiss. 1856. pag. 372—373. Celakowsky Sitz. d. mathem.-naturw. Classe d. Königl. böhm. Gesell. d. Wiss. am 6. März 1874.

und erhielt eine Milderung in der Annahme, dass hier nur eine Art Fruchtanfang, ein Rudiment einer Frucht vorliege[1]).

Allein zugleich sollte die Spore doch den Schluss der alten, ihr Endosporium den Anfang der neuen Generation bilden. Dieser Unterscheidung zwischen der Spore und ihrem Endosporium stehen aber schon die verschiedenen Keimungsformen der Oosporen entgegen, und weiter ausgedehnt führt sie zu unhaltbaren Consequenzen. Wenn wir in dieser Weise bei den Oosporen zwischen Spore und Endosporium unterscheiden wollen, warum nicht auch bei den Moossporen, den Farnsporen, den Pollenkörnern, die ja sämmtlich gleichfalls mit ihrem Endosporium auskeimen? Dies würde aber eine Verwirrung in die Lehre vom Generationswechsel der Cormophyten hineintragen, die offenbar zu ganz unnatürlichen Vorstellungen hinführen müsste. Und doch ist die Erscheinung in allen genannten Fällen durchaus die gleiche und hat histologisch, physiologisch und morphologisch genau denselben Werth.

In der That sind hier die Mutterzellen der Gonosphären, die Oogonien und bei den copulativen Formen der ganze Copulationsapparat — d. h. beide mit einander copulirte Mutterzellen oder Sporangidien[2]) — die Früchte dieser Pflanzen; die Spore aber ist die erste, oder Anfangszelle der neuen Generation. — Dass sie in den meisten Fällen bei ihrer Keimung ihre äussere Membran abstreift, ist ein für ihren morphologischen Werth an sich gleichgültiger Umstand. So erscheint alsdann das Endosporium als das, was es ist, als die innerste Schicht einer Sporenmembran, die aufeinanderfolgenden Generationen treten scharf auseinander und auch der Anschluss an die Moosfrucht gewinnt an Klarheit. Denn die befruchtete Oospore der Thallophyten erhält genau die gleiche

[1]) Al. Braun a. a. O.

[2]) Von dem Gesichtspunkte, dass die copulirenden Mutterzellen die homologen Gebilde derjenigen Organe sind, welche in anderen Fällen Gonosphären und Spermatozoide oder die weiblichen und männlichen Schwärmsporen erzeugen, also die homologen Organe der männlichen und weiblichen Sporangien in meinem Sinne; kann man die copulirenden Mutterzellen der rein copulativen Formen, wo sie einander ganz oder fast ganz gleichen geradzu „Sporangidien" nennen, wie ich dies im Laufe dieser Abhandlungen schon mehrfach gethan habe. Man kann daher von Copulation der „Sporangidien" reden. Durch Gewebebildung in oder aus den Sporangidien in Folge der Befruchtung können dann complicirtere Fruchtformen entstehen.

Bedeutung, wie die befruchtete Gonosphäre im Archegonium der Moose und der ganze Unterschied besteht darin, dass sie bei den Thallophyten zu einer selbständigen, bei den Moosen zu einer mit der Muttergeneration im Zusammenhange verbleibenden neuen Generation auskeimt.

Wir werden daher auch bei diesen einfachen Formen zu dem Schlusse geführt, dass die neuen, sexuell erzeugten Generationen mit den Oosporen beginnen und es kann daher auch hier, wie bei Florideen und Ascomyceten, von einem sexuellen Generationswechsel nur in so weit die Rede sein, als derselbe zwischen Formen freier, selbständiger Pflanzen besteht.

Es frägt sich daher nur ob überhaupt ein Generationswechsel der freien Generationen bei den Thallophyten vorhanden ist, welches Abhängigkeitsverhältniss er hier ausdrückt, und ob dasselbe gleich oder ähnlich ist dem Abhängigkeitsverhältnisse der Entwickelungsabschnitte der Moose und Farne. Dies führt nun wieder zu dem Ausgangspunkte meiner Betrachtung, zu jener Reihe von Erscheinungen zurück, die ich schon in meiner Abhandlung über die Achlya prolifera beschrieben und später für Vaucherien, Oedogonien und Celeochäteen nachgewiesen habe und damals als Generationsfolge der Sprossfolge der Phanerogamen anzuschliessen noch geneigt war.

In dieser Generationsfolge finde ich bei Thallophyten dieselbe Erscheinung wieder, die man bei Cormophyten „Generationswechsel" genannt hat. Sie ist nicht bloss auf die genannten Kreise beschränkt, sondern scheint bei denjenigen Thallophyten, welche neben Sexualität noch eine besondere Form ächter Sporangien und Sporen besitzen, weit verbreitet zu sein.

Der Generationswechsel erscheint hier in seiner frühesten Form, in welcher die Wechselgenerationen noch als völlig von einander getrennte Entwickelungsglieder die Dimorphie oder — bei Spaltung des sexuellen Abschnittes — die Trimorphie der selbständigen, zu derselben Art gehörigen Pflanzenformen hervorrufen. Denn die freien Generationen der Thallophyten unterscheiden sich nicht nur nach ihrer Entstehung aus unbefruchteten und befruchteten Sporen, sondern auch dadurch, dass in zahlreichen Fällen eine nahezu streng durchgeführte Scheidung der Generationen in solche mit ächten Sporen (neutrale Generationen) und

solche mit Sexualorganen (sexuelle Generationen) vorhanden ist. In engem Zusammenhange mit dieser strengeren Scheidung findet dann auch eine mehr oder weniger regelmässige Succession neutraler und sexueller Generationen im Entwickelungsgange statt.

Ich unterscheide hier, wie man sieht — in diesem Punkte in voller Uebereinstimmung mit Sachs[1]) und Celakowsky[2]), — die zum Generationswechsel gehörigen Sporangien und Sporen als ächte Sporangien und Sporen von den anderen, ungeschlechtlichen Propagationen der Art. Diese Unterscheidung erhält eine gewisse Berechtigung, wenn man annimmt, wie ich dies durch die hervorgehobenen Homologien der drei Formen wahrer Fructificationsorgane — ächter Sporangien, Antheridien und Archegonien im weitesten Sinne — habe andeuten wollen, dass zwischen diesen ächten Sporangien und den sexuellen Organen eine genetische Verwandtschaft besteht d. h. dass sie wirklich aus einander hervorgegangen sind und dass diese Verwandtschaft im Generationswechsel sich durch die stellvertretende, correlative Succession der Generationen mit Sporen und der Generationen mit Sexualorganen offenbart.

In den beiden Formen des Generationswechsels, denen wir bei Tallophyten und Cormophyten begegnen und die man bisher als Generationsfolge und Generationswechsel unterschied[3]) und für wesentlich verschiedene Entwickelungsvorgänge ansah, handelt es sich jedoch nur um genau die gleiche Erscheinung, um die Aufeinanderfolge von Generationen oder von Entwickelungsabschnitten mit neutraler (ächter)

---

[1]) Lehrb. d. Botanik IV. Auflage, pag. 231, 234, 237.

[2]) a. a. O.

[3]) Celakowsky a. a. O. unterscheidet zum Beispiel

I. Antithetischen Generationswechsel.
   1. Biontenwechsel bei Moosen und Gefässcryptogamen.
   2. Sprosswechsel bei Florideen und Pilzen.

II. Homologen Generationswechsel.
   1. Biontenwechsel bei Algen und Pilzen
   2. Sprosswechsel bei Phanerogamen und Verhältniss von Protonema zum Caulom bei Moosen u. s. w. —

In meiner Auffassung fällt I. 2. ganz aus, soweit er nicht als wirklicher Sprosswechsel in die vegetative Sphäre fällt und daher unter II. 2. gehört. —

I. 1. uud II. 1. bilden den wahren sexuellen Generationswechsel in meinem Sinne.

II. 2. umfasst alle Formen des Sprosswechsels oder vegetativen Generationswechsels gleichgültig, ob die Wechselabschnitte Thallome oder Caulome sind.

Sporenbildung und Generationen oder Entwickelungsabschnitten mit sexueller Sporenbildung (Oosporenbildung).

Bei den Thallophyten erscheint die Succession als eine Ablösung einer der Zahl nach unbestimmten Reihe neutraler Generationen — die für sich allein schon einen mehrgliedrigen Generationscyclus darstellt, — durch eine oder unter Umständen mehrere sexuelle Generationen. Bei den Cormophyten ist auch der Cyclus neutraler Generationen auf eine einzige reducirt; neutrale und sexuelle Generationen succediren in strengerer Abwechselung und treten in eine geschlossene Verbindung zu einander. Beide von diesem Gesichtspunkte schon wenig abweichende Formen werden noch durch Mittelglieder verbunden.

Die verschiedenen Formen der Succession, wie sie sich nach den neuesten Beobachtungen thatsächlich gestalten, sollen nun soweit möglich für die einzelnen Kreise kurz nachgewiesen werden.

A. Cormophyten.

Nachdem die Sprossung der Prothallien und die Sprossung der Moosfrüchte bekannt ist, kann der Generationswechsel der Moose und Farn zwar nicht mehr in jener unbedingt nothwendigen Abwechselung beider Abschnitte gesucht werden, die früher für den Generationswechsel dieser Cormophyten maassgebend erschien; allein nichtsdestoweniger besteht doch ein unleugbares, wenn auch nicht unbedingt gegenseitiges Abhängigkeits- und Ablösungs-Verhältniss zwischen der neutralen und der sexuellen Fruchtform.

Bei den Moosen ist zwar die Eibildung schon in so weit unabhängig, als die sexuelle Pflanze unter nicht normalen Verhältnissen unabhängig von den Sporen durch Sprossung der Früchte zur Eibildung zurückkehren kann. Allein die Moosfrucht gehört doch unfraglich als integrirender Theil der bestehenden Moose[1]) in den Entwickelungsgang der Moospflanze. Die Existenz der Moosfrucht ist aber nach gegenwärtiger Kenntniss unbedingt an den sexuellen Abschnitt und an die Zeugung gebunden, selbst wenn man in einzelnen Fällen eine mögliche normale Verzweigung der Moosfrucht annehmen wollte. Dass übrigens die Sprossung der Moosfrüchte nicht wieder

[1]) Ob künftige Moose denkbar sind, denen die Moosfrucht fehlen wird, kann hier füglich unberücksichtigt bleiben.

zur Moosfrucht führt, zeigt sogar mit noch grösserer Entschiedenheit, als dies früher bekannt war, die Abhängigkeit derselben von dem sexuellen Abschnitt der Moospflanze.

Wiederum bei den Farn hat die Sprossung der Prothallien ganz in entgegengesetzter Weise wie bei den Moosen eine gewisse, unter Umständen bestehende, Unabhängigkeit der Sporen-Pflanze von der Zeugung nachgewiesen. Allein hier ist dagegen die Zeugung, d. h. die Bildung sexueller Organe und die Entstehung eines Embryo wieder zweifellos an die Existenz der Spore gebunden, so lange nicht jene zukünftigen Farne gefunden sind, auf die ich in meiner vorläufigen Mittheilung als denkbar möglich hinwies, bei welchen der Proembryo direct aus dem Wedel hervorsprossen wird.

Unzweifelhaft besteht demnach trotz Sprossung der Prothallien und der Moosfrüchte noch eine Abhängigkeit und eine Ablösung von Sporenbildung und Zeugung bei den Cormophyten, die bei Gymnospermen und Phanerogamen so gross wird, dass hier überhaupt keinerlei normale Fruchtbildung ohne Sporenbildung mehr möglich ist.

B. Thallophyten.

Bei den Tallophyten entspricht dagegen der freieren Gestaltung ihrer dimorphen Entwickelungsabschnitte, die als selbständige, scheinbar von einander ganz unabhängige, sächliche und sexuelle Pflanzen auftreten, auch die unabhängigere und weniger strenge Form ihrer Ablösung und Succession im Generationswechsel.

Hier tritt, wie mir scheint, in den seltensten Fällen (Sphaeroplea) der Wechsel der dimorphen, sächlichen und sexuellen Generationen in jener bestimmten Alternation zweier Glieder ein, die wie a. b. a. b . . . auf einander folgen. Die Generationen lösen sich vielmehr gewöhnlich in einer ungebundeneren Folge ab, und der häufigste Fall scheint der zu sein, dass eine grössere, unbestimmte Reihe sächlicher Generationen durch eine einzige sexuelle abgelöst wird.

Abgesehen von der verschiedenen Fructification sind die dimorphen Formen der Thallophyten nicht nur anatomisch gleich, sondern stimmen auch morphologisch in den untergeordneten Formen ungeschlechtlicher Propagation — Theilung, Loslösung entwickelungsfähiger Zellen, Bildung adventiver Sprossen und Gonidien etc. — soweit

diese in den bestimmten Typen auftreten, mit einander überein. Durch diesen letzteren Umstand ist an sich schon, ganz abgesehen von ihrer eigentlichen, sächlichen und geschlechtlichen Fructification, ihre physiologische, wie es scheint von einander unabhängige Existenz gesichert und deshalb findet sich an vielen Stellen bald die eine, bald die andere Form allein vor.

Jede ausgesprochene Di- oder Trimorphie der zu einer Thallophyten-Species gehörigen Formen begründet daher die Vermuthung einer existirenden Generationsfolge im Entwickelungsgange. Wo die zweierlei, correlativen Früchte noch nicht scharf von einander getrennt auf besonderen Exemplaren auftreten, da erscheint die Generationsfolge noch nicht bestimmter geregelt. Wo aber eine Dimorphie überhaupt fehlt (Fucaceen, Characeen, Conjugaten), da fehlt auch der Generationswechsel, und man darf in einigen Fällen annehmen, durch Schwinden der sächlichen Generationen erloschen. Diese Pflanzen wären hiernach bereits rein sexuell geworden. Dass aber die dimorphen Formen im Entwickelungsgange der Art sich wirklich einander ablösen und dass diese Ablösung sich unter normalen Verhältnissen mit einer gewissen Regelmässigkeit wiederholt, ist eine Thatsache, die nicht geleugnet werden kann. Wer sich hiervon noch nicht überzeugt hält, darf nur die normale Entwickelung reiner Saprolegnia-Rasen auf Insecten vom Beginne bis zum Ende ihrer Entwickelung aufmerksam verfolgen.

Nach einer unbestimmten Reihe neutraler Generationen (Zoosporangien-Exemplare) tritt eine sexuelle auf. Aus der Keimung ihrer Oosporen gehen normal wieder neutrale Generationen hervor. Allein dies ist, wie ich wiederhole, nicht so zu verstehen, als ob die Dimorphie der Formen hier eine absolute wäre, denn es kommen auch Pflanzen vor, die beide Früchte, die sexuellen und neutralen, zugleich besitzen; gewöhnlich treten sie in der Reihe beim Uebergang von den neutralen zu den sexuellen auf. Meist allerdings ist die Scheidung eine so streng durchgeführte, dass man geneigt ist, sie für eine absolute zu halten. Als ich diese Erscheinung bei Saprolegnia ferax zum ersten Mal genauer verfolgte und wochenlang vergeblich nach einem Zusammenhang zwischen Schläuchen mit Zoosporangien und Schläuchen mit Oogonien suchte, hielt ich diese Formen hier für streng geschieden[1]);

[1]) Man vergleiche meinen Aufsatz über die Achlya prolifera in: Nova Acta Vol. XXIII. T. I. Für die etwaigen Leser dieses Aufsatzes bemerke ich, dass

allein ich habe mich später wiederholt bei verschiedenen Arten überzeugt, dass Zoosporangien und Oogonien doch auch an denselben Individuen auftreten können und habe deshalb eine Pflanze, die beide Organe trägt, abgebildet[1]). Ganz das gleiche Verhalten zeigen die Species von Vaucheria, Oedogonium, Coleochaete. Auch hier treten bei unzweifelhafter Aufeinanderfolge sächlicher und sexueller Generationen, dazwischen auch Generationen mit beiderlei Organen (Zoosporangien und Oogonien) auf. Solche Fälle finden sich von mir und Anderen ausdrücklich erwähnt und auch abgebildet[2]). Aeusserst leicht kann man sich z. B. von der Bildung der Schwärmsporen in den vegetativen Zellen der weiblichen Oedogonien überzeugen.

Ich führe diese bekannten Thatsachen hier so ausführlich an, weil sie die Grundlage meiner Auffassung des Generationswechsels der Thallophyten bilden und zugleich weil sie, wie mir scheint, mit Evidenz nachweisen, wie die ungeeignete Uebertragung einer vermeintlichen absoluten Differenz der Wechselgenerationen von Moosen und Farn auf die Thallophyten, vereint mit der Vorstellung von sexuellen Sprossgenerationen nothwendig zu den grössten Missverständnissen und Fehlschlüssen führen musste.

Die gleiche Aufeinanderfolge oder die Unterbrechung einer unbestimmten Reihe neutraler Generationen durch eine sexuelle findet sich auch bei den einzelligen, freien oder in Familien vereinigten Volvocineen und Hydrodictyeen.

Die Aufeinanderfolge beweglicher und ruhender Generationen ist auch hier bekanntlich schon vor Kenntniss des Geschlechts der Thallophyten und ohne Beziehung zur Sexualität genauer zuerst von Al.

---

die Pflanze jetzt Saprolegnia ferax heisst (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX. pag. 195); dass der Aufsatz mehrere Jahre vor Kenntniss des Geschlechtes bei den Thallophyten geschrieben ist; dass die Zoosporangien dort kolbige; die Oogonien kugelige Sporangien heissen und dass ich die Generationsfolge zwischen diesen auf äussere Bedingungen, unter welchen die Formen entstehen, zurückzuführen suchte. Man vergleiche auch Walz, Jahrbücher f. wiss. Botanik Bd. V pag. 140.

[1]) Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. II. Taf. XXII Fig. 8.

[2]) Abgebildet sind z. B. solche Fälle für Vaucheria von Thuret (Ann. d. sc. nat. II. Série Tome XIX. pag. 274. Pl. 13. fig. 39. u. fig. 41.) für Coleochaete von mir (Jahrb. f wiss. Bot. Bd. II. Taf. V. Fig. 8.) wobei ich noch bemerke, dass es sich im letztern Falle nicht um die Zoosporen des Fruchtkörpers handelt, sondern um diejenigen, welche in den vegetativen Zellen der Geschlechtspflanzen auftreten.

Braun bei Chlamidococcus[1]) beschrieben worden. Allein diese Abwechselung beweglicher und ruhender Generationen fällt nicht zusammen mit dem durch die Sexualität hervorgerufenen Generationswechsel dieser Pflanze, den ich hier im Auge habe. Auch bei Sachs[2]) findet sich die Vorstellung, dass der Generationswechsel der Volvocineen zwischen den beweglichen Formen und den aus Paarung oder Befruchtung hervorgegangenen ruhenden Sporen stattfindet, indem auch hier entsprechend der Vorstellung von Frucht-Generationen bei den Thallophyten die sog. Ruhe- oder Dauerspore als Frucht den beweglichen Generationen gegenüber gestellt wird.

Nach meiner Ansicht ist dagegen die ruhende Spore auch hier nur die erste neutrale, hier natürlich gleichfalls einzellige Generation.

Beginnt man mit der Bildung der ersten beweglichen Generationen aus der keimenden Dauer- oder Ruhespore, so sehen wir, wie bei Saprolegnia, Vaucheria, den Oedogonien u. s. w. einen Cyclus auf einander folgender, neutraler, hier beweglicher Generationen entstehen; schliesslich wird von diesen eine einzige sexuelle, hier gleichfalls bewegliche Generation — die sich paarenden Schwärmsporen oder, wenn hier die weibliche Schwärmspore ihre Mutterzelle nicht verlässt, Gonosphäre und Spermatozoid — erzeugt. Durch Paarung oder Befruchtung dieser sexuellen Generationen entsteht als erste neutrale Generation die sog. Dauerspore. Sie beginnt daher nur den Cyclus der neutralen Generationen, welcher, wie die verschiedene Art der Entwickelung der Dauerspore von Chlamidococcus z. B. zeigt, sowohl aus Dauer-Generationen als aus beweglichen Generationen bestehen kann. Der Unterschied von Uebergangs- und Reihen-Generationen fällt hier schon in den Cyclus der neutralen Generationen hinein.

Der Gegensatz aber, welcher im sexuellen Generationswechsel sich ausspricht, liegt zwischen den beweglichen sexuellen Generationen und der ganzen Reihe der neutralen, den beweglichen und unbeweglichen.

Dass die erste neutrale, hier ruhende Generation, sich von den folgenden, den beweglichen unterscheidet, ist eine weit verbreitete, und wie wir später sehen werden, für die Fortbildung des Genera-

---

[1]) Verjüngung pag. 219 u. f.
[2]) Lehrbuch der Botanik. IV. Auflage, pag. 238.

tionswechsels im Pflanzenreiche sehr wesentliche Erscheinung. Für den Generationswechsel der Art dagegen nur von nebensächlicher Bedeutung. Der Vorgang entspricht bei diesen rein einzelligen Gewächsen genau dem Vorgange bei Saprolegnia, Vaucheria u. s. w., wo die erste neutrale Generation gleichfalls mit der Keimung einer ruhenden Spore (Oospore) beginnt, während die folgenden neutralen Generationen mit der Keimung beweglicher Sporen ihren Anfang nehmen.

Wir haben es daher auch bei Volvocineen und Hydrodictyeen mit einem sehr scharf ausgesprochenen Generationswechsel zu thun, in welchem regelmässig ein langer Cyclus neutraler Generationen durch eine einzige sexuelle unterbrochen wird.

Derselbe wird hier äusserlich sofort erkennbar durch die Trimorphie der drei vorhandenen Schwärmsporen-Arten, der männlichen, weiblichen und der sächlichen. Die letzteren erscheinen aber hier gewöhnlich nur bei der Bildung der ersten beweglichen Generationen aus der Ruhespore als frei bewegliche Zellen; bei der Entstehung der späteren neutralen Generationen gelangen sie durch die Bildung der Coenobien nicht mehr zu selbstständig freier Entwickelung[1]).

Die Cultur der Meeres-Algen durch mehrere Generationen hindurch stiess bisher auf noch nicht überwundene Schwierigkeiten. Es ist daher auch kein directer Nachweis über ihre Generationsfolge vorhanden. Allein wir finden bei den drei grossen Abtheilungen, bei welchen die Sexualität sicher nachgewiesen, oder so gut wie nachgewiesen ist, bei Phaeosporeen, Dictyoteen und Florideen, eine so streng, wie kaum irgend wo anders, bei Thallophyten, ausgesprochene und durchgeführte Di- resp. Trimorphie der Formen. Und es ist kaum zweifelhaft, dass diese hier gleichfalls eine correlative, d. h. der Ausdruck einer stellvertretenden Ablösung ist. Jedenfalls ist die Annahme die nächstliegende, dass bei Florideen und Dictyoteen zwischen Exemplaren mit Kapselfrüchten und Exemplaren mit Vierlingsfrüchten eine ähnliche Abwechselung besteht, wie bei den eben besprochenen Süsswasser-Thallophyten. Dasselbe lässt sich nach der Entdeckung von Reinke[2]) an Zanardinia collaris für die Phaeo-

---

[1]) Man vergleiche z. B. die Entwickelung von Hydrodictyon, Pandorina etc. (Monatsberichte der Berl. Acad. d. Wiss. vom Dec. 1860 u. vom October 1869.)

[2]) Ueber das Wachsthum und die Fortpflanzung von Zanardinia collaris Cr. in: Monatsberichte der Berliner Acad. der Wiss. vom October 1876.

sporeen vermuthen. — Ob die Kapselsporen bei ihrer Keimung nur Exemplare mit Vierlingsfrüchten erzeugen und umgekehrt, oder ob hier Cyclen von Kapsel- und Cyclen von Vierlings-Exemplaren sich ablösen, erscheint von geringerer Bedeutung. Ebenso wovon es abhängt, dass die Kapselexemplare an ihren Standörtern oft ohne Vierlings-Exemplare oder zu anderen Zeiten gefunden werden. Dies deutet auf noch nicht genügend bekannte, aber deutlich vorhandene Beziehungen zwischen beiden. Auch liegen bereits einige Beobachtungen und Andeutungen vor, wonach die Keimlinge der Kapsel- und Vierlingssporen eine divergente Entwickelungsweise befolgen. Denn Niemand wird wohl geneigt sein anzunehmen, dass die Florideen mit Vierlingsfrüchten als selbstständige Formen neben den Florideen mit Kapselfrüchten bestehen und sich von diesen etwa als rein ungeschlechtliche Formen abgelöst haben. Wäre dies der Fall, so hätten die beiden Formen längst ihre gemeinsamen specifischen Charactere eingebüsst. Da es aber wohl kaum je zweifelhaft ist, zu welcher Kapselform eine Vierlingsform gehört, so erweisen diese durch die ganze Reihe zahlreicher Typen festgehaltenen Species-Charactere beider Formen wohl zweifellos, dass beide ihre Eigenschaften immer wieder gegenseitig ausgleichen und aufeinander übertragen. Auch kommen ja in selteneren Fällen auch hier noch Kapsel- und Vierlingsfrüchte auf derselben Pflanze vor.[1])

Unter den übrigen Abtheilungen der Thallophyten fehlt einigen Kreisen jede Spur einer Dimorphie der Fructificationsorgane, die ja dem Generationswechsel nothwendig zu Grunde liegt.

Dahin gehören die Characeen und unter den Algen die Fucaceen und sämmtliche Conjugaten im weitesten Sinne mit Einschluss der Bacillarieen.

Hier sind nur Geschlechtspflanzen, keine Sporenpflanzen vorhanden. Bei ihnen kann daher in meinem Sinne von einem Generationswechsel nicht die Rede sein.

Diejenigen, welche bei den copulativen Formen die Sporen dieser Gewächse für Früchte ansehen, können bei diesen in ihrem Sinne eine Art rudimentären Generationswechsels finden. Allein dies ist

[1]) Beiträge zur Morphologie der Meeresalgen von N. Pringsheim in: Abhandl. d. K. Acad. d. Wiss. zu Berlin 1862. pag. 21 Taf. IV.

schon an sich für Fucaceen und Characeen gar nicht möglich. Bei den Fucaceen beginnen, wie Jeder zugeben wird, die neuen Generationen mit der befruchteten Spore. Ihre Sporangien sind die Einzelfrüchte, in denen die Sporen gebildet werden. Die Ansammlungen derselben in den Conceptaclen (Scaphidia Ag.) treten in den höheren Formen gleichfalls zu äusserlich sich abgrenzenden Thallomtheilen zusammen, die hier Niemand für besondere Generationen erklären wird.

Ebenso beginnt bei Characeen die neue Generation mit der Spore. Kann hier — wie bereits früher bemerkt — die Frucht auch als Spross gelten, so ist dieser doch schon vor der Befruchtung nicht nur angelegt, sondern sogar, abgesehen von Incrustation und Verholzung, seinem ganzen constituirenden Gewebe nach fertig. Von einer Frucht im Sinne einer Sprossgeneration kann mithin hier in keinem Falle die Rede sein.

Aber auch bei den rein copulativen Formen bilden, wie ich mich oben zu zeigen bemüht habe, die copulirenden Mutterzellen die Früchte dieser Gewächse, die Zygospore aber ist die erste Zelle der neuen Generation, oder bei den einzelligen Formen, ganz so wie bei Chlamidococcus, die neue Generation selbst.

Alle diese Pflanzen sind, wie gesagt, Pflanzen ohne jeden Generationswechsel, und es muss daher die Frage aufgeworfen werden, in welchem Verhältniss diese Pflanzen ohne Generationswechsel zu den Pflanzen mit Generationswechsel stehen.

So lange uns jede nähere Kenntniss der physiologischen Function des Generationswechsels im Entwickelungsgange abgeht, kann sich die Beantwortung dieser Frage selbstverständlich nur in Hypothesen bewegen. Auch dürfen hierbei offenbar nur diejenigen Entwickelungscylen zu Grunde gelegt werden, von denen es feststeht, dass sie bereits vollständig bekannt sind.

Was sollen der Moospflanze, wenn die Fruchtstiele sprossen, die Sporen? Was, wenn Prothalliumsprossung allgemein wäre, den Farn die Zeugung? Dass beide auch ohne jede wahre Fructification sich durch zahlreiche Generationen erhalten können, ist durch viele Beispiele belegt. Das Problem der Bedeutung gleichzeitiger geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Vermehrung für die Erhaltung und für die Fortbildung der Typen erhält für die Pflanzen mit Generations-

wechsel eine Complication durch die Existenz der ächten Sporen, deren besondere von Zeugung sowohl, als von Knospen- und Brutzellenbildung unabhängige Function zu ermitteln wäre. Die Erhaltung der Art erscheint durch jede Vermehrungsform für sich allein schon gesichert. Deshalb ist es aber doch nicht erlaubt, die verschiedenen Vermehrungsweisen als gleichwerthige Propagationsmittel, die ohne jede Beziehung zu einander, nur neben einander bestehen, zu betrachten, denn es liegen Erfahrungen genug vor, die eine vorhandene, functionelle Differenz geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Propagation nachweisen. Die grössere Anzahl der Propagationsformen jeder Art ist gewiss ein günstiges Moment für die Erhaltung der Art; allein dieses Moment erschöpft keineswegs ihre Bedeutung, und man darf wohl annehmen, dass dort, wo z. B. ächte Sporenbildung noch neben Zeugung besteht, die unbekannten specifischen Functionen dieser beiden Fructificationsformen sich in ihren Wirkungen ergänzen. Dafür spricht ihre genetische Verwandtschaft und ihre Correlation und Stellvertretung im Generationswechsel. Ueberblickt man nun die weite Verbreitung dieser im Generationswechsel vertretenen Polymorphie im Pflanzenreiche, so liegt wohl der Gedanke nahe und ist auch ausgesprochen worden[1]), sie sei ein die gesammte Pflanzenwelt beherrschendes Gesetz, gleichsam das reale Ziel der Vegetation und daher nothwendig mit der Sexualität der Gewächse verknüpt. Allein die natürliche Entwickelung des Pflanzenreichs führt, wie ich es auffasse, nicht zur Polymorphie, denn sie schränkt dieselbe offenbar innerhalb sehr enger Grenzen ein, und lenkt selbst von der bereits entstandenen Polymorphie wieder ab, um, indem die beiden ächten Fructificationsformen in eine zusammengezogen werden, zu einer einzigen, der sexuellen Zeugung zu gelangen.

An sich wäre es gewiss bei der Zusammenziehung der beiden Fructificationsformen in eine denkbar, dass in dem einen oder anderen Falle die Sporenbildung sich erhielte und die sexuelle Zeugung wieder verschwände. Allein dies scheint thatsächlich nicht vorzukommen und deshalb erscheint die Sexualität wie ein nothwendiges Endresultat der Entwickelung. Denn unter den höher entwickelten Pflanzen findet sich keine einzige, die man mit voller Sicherheit als eine reine Sporen-

[1]) Man vergleiche Al. Braun a. a. O., pag. 294.

pflanze betrachten darf, während höher entwickelte, rein sexuelle Formen schon mit Sicherheit in den Characeen und Fucaceen vorliegen und mit grosser Wahrscheinlichkeit auch bei einigen Florideen-Typen vorhanden sind. Ferner ist man wohl berechtigt auch die Gymnospermen und Phanerogamen als Gewächse zu betrachten, die dem Zustande reiner Sexualität schon sehr nahe kommen, da bei ihren Sporen- und Eibildung schon unter theilweiser Verkümmerung der ersteren untrennbar zu einem einzigen Vermehrungsact verbunden sind.

Zur Erklärung des Generationswechsels oder doch zu seinem Verständnisse bietet sich daher die Hypothese gleichsam von selbst, dass derselbe trotz seiner weiten Verbreitung im Pflanzenreiche nur eine Durchgangsstufe zwischen ächter Sporenbildung und sexueller Zeugung, gleichsam der Umweg ist, auf welchem in zahlreichen Pflanzentypen die Sporenbildung zur geschlechtlichen Form gelangt und man darf daher auch annehmen, dass die besondere functionelle Bedeutung, die den ächten Sporen im Generationswechsel noch zukommt, bei Erstarkung der Sexualität nach und nach auf die befruchtete Oospore übergeht.

Ist diese Auffassung richtig, so lassen sich die rein sexuellen Formen wenigstens zum Theil aus dem allmäligen Schwinden der Sporen-Generationen oder, wie bei der in die Phanerogamen mündenden Reihe, durch Uebergang der Sexualität auf die Sporen-Generation erklären. Allein anderseits ist der Generationswechsel, der ja nur eine, durch die Aufeinanderfolge bestimmte, Form der Sporen-Dimorphie ausdrückt, nicht als eine durchaus nothwendige Durchgangstufe zur Sexualität zu betrachten, denn diese kann ja auch noch auf anderem Wege aus der Dimorphie der Sporen sich entwickelt haben oder selbst direct vor jeder Sporenbildung entstanden sein.

So liegt es nahe, die ausschliessliche Existenz sexueller Pflanzen bei Batrachospermum, Lemanea, Helminthora und einigen verwandten Formen aus dem allmäligen Untergange der Exemplare mit Vierlingsfrüchten bei den Formen, aus denen sie entstanden sind, zu erklären. — Ebenso wird man vielleicht ein Schwinden der Sporenformen bei Fucaceen und Characeen annehmen dürfen. Dagegen erscheint für die Conjugaten die Annahme, dass ihre Sporenpflanzen geschwunden sind, schon wieder unwahrscheinlicher. Hier ist man gewöhnt, die Copulation als die ursprünglichste Form der Sexualität zu betrach

ten, welche bei den einzelligen Formen mit der Verschmelzung ganzer Individuen im Copulationsacte begonnen hat. Man müsste aber dann zugleich annehmen, dass die Sexualität sich hier überhaupt vor jeder neutralen Sporenbildung entwickelt hat. Die Conjugaten würden dann eine Formenreihe repräsentiren, die ohne Durchgang durch den Generationswechsel direct zur Sexualität gelangt ist. Man kann die Berechtigung dieser Anschauung zugeben, darf aber doch nicht vergessen, dass sie nur unangreifbar wäre, wenn wir behaupten dürften, dass die schon bekannten, niedrigen, copulativen Formen der Reihe wirklich die frühesten waren, welche hier zur Fructification und Sexualität gelangt sind. Hierfür besitzen wir aber keine genügenden Anhaltepunkte und bei der homologen, copulativen Reihe unter den Pilzen, scheint dies, wie ich unten zeigen werde, nicht der Fall gewesen zu sein; vielmehr erscheint dort die Copulation als die spätere, zur Zoosporenbildung hinzugetretene und aus ihr abgeleitete Fructificationsform. Auch der Befruchtungsvorgang der Phanerogamen ist offenbar eine spätere, aus dem Connubium abgeleitete Form der Copulation, durch Zurückgreifen der befruchtenden Thätigkeit von den Spermatozoiden auf ihr Bildungsorgan, das Antheridium (Pollenschlauch) hervorgegangen. Es muss daher auch noch unentschieden erscheinen, ob die Copulation der Conjugaten wirklich als eine ursprüngliche Fruchtform zu betrachten ist.

Unter den Pilzen, deren Entwickelung man als vollständig bekannt ansehen darf, sind rein sexuelle Formen ganz unbekannt und der Generationswechsel scheint wenigstens, soweit man es schon jetzt übersehen kann, auch hier weit verbreitet. Allein in manchen Kreisen scheinen die verschiedenen Sporenformen noch nicht deutlicher auf besondere Generationen vertheilt und es gewinnt den Anschein, als ob eine strengere Form des Generationswechsels — wie etwa bei den Algen — hier erst vorbereitet würde und noch nicht erreicht sei.

Bei den einfachen Formen mit deutlich ausgebildeten Gonosphären und Zoosporen bei Chytridien und Saprolegnien ist der Generationswechsel in Form der Succession selbständiger, in Bezug auf ächte Fructification dimorpher Generationen, wie bereits besprochen, unzweifelhaft. Das Gleiche kann für Cystopus und Peronospora gelten. Durch die directe Keimung ihrer Zoosporangien führt die letztere Gattung in die Reihe der Formen hinüber, bei denen die ächten Sporen nicht

mehr Zoosporen, sondern nach der jetzigen Terminologie Conidien sind und durch Abschnürung gebildet werden. Zugleich tritt hier eine unter den Pilzen häufige, bei den Algen und auch bei Saprolegnien und Chyridien noch nicht allgemeine Erscheinung, die Abhängigkeit der Wechselgenerationen von dem Wohnorte schon in ihren ersten Anfängen auf. Die neutralen Generationen sind wesentlich, wenigstens nach ihrer Fructification, Luft- oder Wasserpflanzen, die sexuellen meist dagegen reine Gewebsparasiten.

So grosse Bedeutung dies Abhängigkeitsverhältniss durch die Beziehungen der Wechselgenerationen zu besonderen Nährpflanzen später erhält und so wichtig es für die Verbreitung der Pilze wird; die thatsächlichen Beziehungen des Generationswechsels, der ja bei Algen und auch bei einigen Saprolegnien ohne diese Abhängigkeit vom Standort vorhanden ist, scheinen hiedurch kaum beeinflusst. —

In diesen niedrigen Pilzformen der Chytridien, Saprolegnien und ihren Verwandten, die man wohl mit Recht als die Wurzel der höheren copulativen Pilzformen betrachten darf, finden wir nun eine sehr bemerkenswerthe und erstaunliche Mannigfaltigkeit der Befruchtungsvorgänge. Es ist wahrscheinlich, dass bei genauerer Kenntniss der hierher gehörigen, zahlreichen Formen die für die Verwandtschaftsgrade der Thallophytenreihe wichtige und bereits berührte Frage, was früher war, Sporenbildung oder Sexualität, Copulation oder Connubium sich für diesen Kreis der Entscheidung wird näher bringen lassen. Sämmtliche Formen der Gonosphären-Befruchtung und Copulation vereint mit ächten Zoosporangien finden wir hier in nächstbenachbarten Typen nebeneinander vor. So z. B. Paarung der Schwärmsporen bei Tetrachytrium[1]) Gonosphären-Befruchtung durch männliche Schwärmsporen bei Monoblepharis[2]); Copulation vereint mit Gonosphären-Befruchtung bei Saprolegnia, Pythium u. s. w., Spirogyra-artige Copulation bei Ancylistes[3]); wahre Mucorartige Copulation noch in Verbindung mit ächten Zoosporangien bei Zygochytrium[4]).

Diese Manigfaltigkeit scheint darauf hinzudeuten, dass die Modificationen der Befruchtungsvorgänge sich von hier aus differenzirt

[1]) Sorokin. Einige neue Wasserpilze. Bot. Zeitung 1874. Nr. 20.
[2]) Cornu. Ann. d. sc. nat. V. Série. Tome 15 (1872) pag. 82. —
[3]) Pfitzer. Monatsberichte der Berliner Acad. d. Wiss. vom Mai 1872.
[4]) Sorokin a. a. O.

haben und die Betrachtung der Formen spricht, wie mir scheint, ferner dafür, dass die Copulation, welche in den höheren Typen die herrschende Form der Sexualität bei den Pilzen wird, als der spätere aus den Zoosporangien hervorgebildete Zustand zu betrachten ist.

Für die Mucorineen, deren Zygosporen genau so, wie bei den Conjugaten, nicht Früchte, sondern Anfangszellen der neuen Generationen sind, ist der Generationswechsel in meinem Sinne, die Succession dimorpher, neutraler und sexueller Pflanzen bei der Keimung von Syzygites megalocarpus gleichzeitig von Schacht[1]) und De Bary[2]) aufgefunden worden. Dass die Zygosporen der anderen Mucorineen bei ihrer Keimung gleichfalls Sporangien- oder Conidien-Fruchtträger bilden, ist dann später allseitig bestätigt worden.

Aber auch hier hat schon Tulasne Copulation und Sporangien an derselben Pflanze, sogar an demselben Fruchtkörper gefunden und dieses gemeinsame Auftreten beider Fructificationsformen ist später auch für andere Mucorineen constatirt worden[3]). Auch die von Herrn Dr. Brefeld[4]) neuerdings beobachtete Erscheinung, wonach die Zygosporen von Sporodinia grandis unter Umständen, die nothwendig die Bildung der Sporangien verhindern, Mycelien mit Zygosporen bilden, gehört meiner Auffassung nach in die Reihe der eben genannten, schon bei den Algen angeführten Thatsachen, dass dieselben Pflanzen beiderlei Fruchtorgane, die neutralen und sexuellen, bilden können. Dass schon die erste aus den Zygosporen entstehende Generation, wieder Zygosporen erzeugen kann, zeigt nur, dass auch bei den Mucorineen unter nicht regelmässigen Verhältnissen auf den Cyclus der neutralen Generationen mehr als eine einzige sexuelle Generation folgen kann. —

Doch scheint auch bei den Mucorineen die Trennung beider Fruchtformen und die Abwechselung von Pflanzen mit Zygosporen und Pflanzen mit Sporangien oder Conidien schon das regelmässigere und typische Verhältniss zu sein. —

---

[1]) Kölnische Zeitung vom 1. Juli 1867. Auszug aus den Sitzungsberichten der Niederrheinischen Gesellschaft in Bonn vom 7. April 1867. —

[2]) Beiträge zur Morphologie u. Physiologie der Pilze. Heft 1.

[3]) Zum Beispiel von De Bary und Woronine, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze. II. pag. 30; von Brefeld, Untersuchungen über Schimmelpilze. Heft 1. pag. 30, 48.

[4]) Bot. Zeitschr. 1875, pag. 847.

Bei den Ascomyceten erinnern die Vorgänge der beginnenden Fruchtbildung, wie sie zuerst von De Bary[1]) für Peziza, Eurotium, Erysiphe nachgewiesen wurden; namentlich die Erscheinungen, welche Tulasne[2]) bei Peziza confluens beschreibt; an die sich dann die Beobachtungen von Woronine[3]), Janczewski[4]) und Baranetzki[5]) anschliessen, sowie endlich die Entdeckung von Stahl[6]) an den Apotherien der Flechten mehr oder weniger genau an die Vorgänge der Befruchtung bei Saprolegnien und Pythien einerseits und andererseits an die Copulationsphaenomene der Mucorineen und Florideen, sodass die gleiche Bedeutung beider Vorgänge allerdings als eine naheliegende und berechtigte Annahme erscheint.

Der Vorgang ist bekanntlich auch bis vor Kurzem ganz allgemein von allen, die ihn beobachtet haben, so gedeutet worden und welche Form der Befruchtung auch hier stattfinden möge, ob in dem einen Falle die der Florideen, im anderen Falle die den Saprolegnieen und Mucorineen verwandte, soviel scheint gewiss, dass die Entwickelung der Perithecien und Apothecien unter dem Einflusse eines Sexualactes steht, welcher an einem Primordium der Frucht ausgeübt wird.

Vorausgesetzt nun dass diese Auffassung die richtige ist, haben wir jedoch, und dies ist für meine vorliegende Aufgabe die Hauptsache, den Generationswechsel dennoch auch hier keineswegs in dem Gegensatze zwischen dem Mycelium, welches die Sexualorgane trägt, und dem Perithecium oder Apothecium zu suchen. Perithecium und Apothecium sind nicht sexuell erzeugte Generationen die auf einem ungeschlechtlichem Wege Sporen erzeugen; sondern sie sind, wenn hier Befruchtung stattfindet, doch nur sexuell beeinflusste Organe, in welchen erst die Anfänge der neuen Generationen, die Sporen unter dem Einflusse der Befruchtung erzeugt werden.

Der Generationswechsel kann daher auch, sofern er hier besteht,

---

[1]) Ueber die Fruchtentwicklung der Ascomyceten und Beiträge zur Morphol. u. Physiol. der Pilze. Heft III.

[2]) Ann. d. sc. nat. Bot. V. Série Tome 6 (1866). Pl. 11 u. 12.

[3]) Beiträge zur Morphol. u. Physiol. Heft II. und III.

[4]) Bot. Zeitung 1871. Nr. 17.

[5]) Bot. Zeitung 1872. Nr. 10.

[6]) Bot. Zeitung 1874.

was mir überaus wahrscheinlich ist, nur zwischen den die Perithecien oder Apothecien tragenden Pflanzen und anderen selbständigen Pflanzen gesucht werden, welche in unmittelbarer oder mittelbarer Folge aus der Keimung der Ascosporen entstehen und jene neutralen Sporangien oder Früchte tragen, die als die homologen und correlativen Fruchtformen der Perithecien und Apothecien zu betrachten sind.

Es scheint nicht unwahrscheinlich, dass diese neutrale Fruchtform die Pycniden darstellen und dass der Generationswechsel in einer aus den bisherigen Beobachtungen noch nicht ganz durchsichtigen, vielleicht erst sich vorbereitenden Form der Aufeinanderfolge und Abwechselung dieser Fruchtformen auftritt.

Hierfür spricht nicht nur der Bau der Pycniden, sondern es liegen in den vorhandenen Keimungsbeobachtungen, obgleich die Beobachter den Generationswechsel nicht in diesem Verhältniss gesucht haben, schon einige directe Andeutungen für diese Annahme vor. Dass die Ascosporen nicht immer sofort die Mycelien mit Pycniden erzeugen, steht dem ebenso wenig entgegen, wie die bekannte Thatsache, dass Pycniden und Perithecien an demselben Mycelium auftreten und dass Generationen von Pycniden in grösserer Anzahl ohne Perithecienbildung auf einander folgen können.

Dem stehen ferner auch die neuesten Beobachtungen von Herrn Dr. Brefeld[1]) nicht entgegen, bei welchen derselbe aus Theilen der Fruchtkörper von Ascomyceten und Basidiomyceten Mycelien oder neue Fruchtkörper erzogen hat und daraus die Unmöglichkeit der Sexualität der Ascomyceten erschliessen wollte. Herr Dr. Stahl[2]) hat bereits unter Hinweis auf die früheren Beobachtungen von Farlow gezeigt, dass dieser Schluss auch vom Standpunkte der alten Vorstellungen über den Generationswechsel der Pilze unstatthaft ist. Aber derselbe leidet ausserdem noch an der irrthümlichen Voraussetzung, dass der Generationsgegensatz durchaus nur zwischen Mycelium und Frucht bestehen müsse. Da die Fruchtkörper der Pilze aber nach meiner Auffassung, ebenso wie die Kapselfrüchte der Florideen, nur Organe der alten Generation, aber nicht selbst neue Ge-

[1]) Bot. Zeitung 1876. Nr. 4. —
[2]) Bot. Zeitung 1876. Nr. 44. —

nerationen sind, so lassen die Versuche mit den Fruchtkörpern sowohl die Frage nach der Sexualität, als die nach dem Generationswechsel der Pilze ganz unberührt.

Fernere entscheidende Fälle eines Generationswechsels, d. h. einer vorhandenen Succession freier Generationen bei Pilzen, haben die Untersuchungen von De Bary an den Uredineen aufgedeckt. Die noch nicht direct nachgewiesene Sexualität darf hier wohl als wahrscheinlich supponirt werden, und die Polymorphie der Generationen würde auch hier wenigstens schon eingeschränkt erscheinen, wenn man sich von der Annahme eines Generations-Gegensatzes von Mycelium und Fruchtkörper frei macht.

Besteht nun, wie ich es mir denke, der Generationswechsel der Thallophyten durchweg in der Ablösung freier neutraler und sexueller Generationen, so bleibt nun nur noch die Untersuchung der Frage übrig, wie der Uebergang dieses Generationswechsels zu dem der Moose, der doch seiner äusseren Erscheinung und der usuellen Auffassung nach, als ein Gegensatz von Pflanze und Frucht erscheint, sich vollzogen hat oder wie er denkbar ist.

Hier bilden gewisse auffallende Keimungsvorgänge der Thallophyten und die Erscheinungen, welche die Fruchtbildung von Coleochaete begleiten, für mich die leitenden Uebergänge. Die Keimung der Oosporen und Zygosporen der Thallophyten, welche Generationswechsel besitzen, zeigt in vielen beobachteten Fällen die Eigenthümlichkeit, dass die Keimpflanze mit bedeutender oder gänzlicher Unterdrückung der vegetativen, thallodischen Gestaltung schon sehr früh oder sogleich zur Bildung der neutralen Sporangien und Sporen schreitet. Es unterscheidet sich hierin diese erste neutrale Generation auffallend und bedeutend von den folgenden. In manchen Fällen besteht die Keimung der Oospore ganz allein in der Bildung eines Sporangiums, d. h. die erste neutrale Generation ist ganz und gar auf ein Sporangium reducirt. So zum Beispiel bei Oedogonien, Bulbochaete, Sphaeroplea, Hydrodictyon, Pandorina, Cystopus. In anderen Fällen ist die erste neutrale Generation auf einen blossen Fruchtträger beschränkt; so bei Mucorineen.

Dass der Unterschied an sich ursprünglich nicht gross ist, zeigen diejenigen Fälle, in welchen die Keimung der Oospore derselben Pflanze bald mit, bald ohne Unterdrückung der thallodischen Gestalt

stattfindet. Ausgezeichnete Beispiele dieser schwankenden Keimungsform zeigen die Saprolegnien und Achlyen [1]).

In noch anderen Fällen zeigen benachbarte Gattungen sich hierin verschieden, die eine zeigt Sporangienkeimung (Cystopus [2]), die andere Mycelienkeimung (Peronospora [3]).

Es kann daher als ein allgemeiner Erfahrungssatz unter den Thallophyten gelten, dass die erste neutrale Generation mit geringerer oder grösserer Unterdrückung des vegetativen Theiles der Pflanze auf einem kurzen Wege zur Sporenbildung eilt.

In den Fällen mit reiner oder fast reiner Sporangienkeimung gewinnt dann die erste neutrale Generation einen von den folgenden neutralen entschieden differenten Habitus, so bei Oedogonium, Pandorina, Cystopus, Saprolegnieen, Mucorineen.

Diese äusserliche Differenz wird noch gesteigert in den Fällen, wenn die erste neutrale Generation schon im Oogonium selbst zur Keimung gelangt, wenn also diese neutrale Generation von der weiblichen festgehalten und in ihr aufgenommen wird. Dies geschieht bei Coleochaete. Bei Coleochaete scutata unterscheidet sich die im berindeten Oogonium zur Keimung gelangende, erste neutrale Generation — das Muttergewebe der Schwärmsporen — von den folgenden eigentlich nur durch den geringeren Umfang ihrer Gewebebildung [1]), gewinnt aber doch schon hierdurch allein einen etwas verschiedenen Ausdruck. Bei Coleochaete pulvinata erscheint diese Differenz gegen die ausgebildetere Gestalt der freien Generationen schon grösser. Es kann daher kaum auffallen, dass auch bei den Moosen die neutrale Generation, die auch hier im Archegonium festgehalten wird und sogleich zur Keimung gelangt, entweder nur ein Sporangium (Riccien) oder eine mehr oder weniger kümmerlich entwickelte Axe, die ein Sporangium trägt, bildet und dass daher der Habitus dieser Generation so sehr von dem der sexuellen Generation abweicht. Es tritt hier nur noch der Umstand hinzu, dass diese neutrale Generation überhaupt die einzige neutrale ist, welche zur Ausbildung gelangt. Es ist nur der gerade Weg zur Sexualität, der

---

[1]) Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. IX. pag. 227 u. f. Taf. XX. und XXI. —
[2]) Dr. Bary, Ann. d. sc. natur. IV. Série, Tome XX. (1863.) Pl. 2.
[3]) Dr. Bary, Beiträge zur Morph. u. Phys. der Pilze. Heft II.
[4]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II., Taf. III. u. IV.

hier durch Reducirung der neutralen Generationen auf eine einzige, die in die sexuelle aufgenommen wird, eingeschlagen wird. Auch bei Thallophyten finden sich bereits ähnliche Fälle, in welchen die neutralen Generationen, die ja hier gewöhnlich einen ganzen Cyclus bilden, auf eine einzige reducirt sind, so z. B. bei Sphaeroplea.

Der Generationswechsel der Moose erscheint demnach wie eine zuammengezogene Form des Generationswechsels der Thallophyten, in welcher die neutralen Generationen bis auf eine einzige unterdrückt sind., welche in ungetrenntem Zusammenhange mit der sexuelllen verbleibt und es liegt daher kein Grund vor, die neutrale Generation der Moose — das Sporogonium — die hier schon zum unselbständigen Entwickelungsabschnitt geworden ist, wie dies bisher geschah, mit den Früchten oder vielmehr den Fruchtgehäusen der Thallophyten zu vergleichen, deren homologes Organ vielmehr in der Calyptra der Moose vertreten ist.

Die scheinbar so grosse Differenz im Habitus des Moossporogoniums und der Moospflanze reducirt sich daher auf die kümmerliche Ausbildung des vegetativen Theiles, d. h. der Axe, die mit der frühzeitigen Bildung des Sporangiums an derselben zusammenhängt.

Bei den Laubmoosen, bei welchen die Axe schon weniger kümmerlich als bei den Lebermoosen entwickelt ist, drückt sich die Uebereinstimmung zwischen ihr und dem Moosstamm schon im anatomischen Bau aus.

Von diesen Gedanken und von einer früheren Erfahrung ausgehend, dass zerschnittene Charenzweige protonematische Sprossungen entwickeln[1]), unternahm ich meine Versuche mit den Moosfrüchten und hoffte, dass es mir gelingen würde, auch an zerschnittenen Seten der Laubmoose Protonemafäden hervorzurufen und so die morphologische Uebereinstimmung von Seta und Moosstamm nachzuweisen.

Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass diese Ansicht durch das Auffinden teratologischer Zustände von Moosfrüchten mit Blattrudimenten oder ausgebildeteren Blattanlagen eine weitere Bestätigung erhalten wird. Obgleich teratologische Fälle bei den Moosfrüchten zu den Seltenheiten zu gehören scheinen, möchte es sich doch vielleicht lohnen, hierauf die Aufmerksamkeit zu richten.

[1]) Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. III., Taf. 9. u. 10.

In wie weit etwa der hier durchgeführte Nachweis, dass das Moossporogonium eine in ihren Eigenschaften mit dem Moosstamm identische, nur kümmerliche Axe darstellt, für die Ansicht von Prantl spricht, dass die Farn sich von den Lebermoosen abgezweigt haben, will ich hier, als zu weit abliegend, nicht erörtern. Nur bemerken will ich, dass die neueren Vergleichungen der Sporogonium-Anlage der Laub- und Lebermoose mit dem Embryo der Gefässcryptogamen den Umstand nicht berücksichtigen, dass mit Ausnahme von Riccia das Sporogonium in einen deutlichen Axentheil und ein Sporangium, dessen morphologischer Werth noch zu bestimmen bleibt, differenzirt ist. Auf diesen sehr wesentlichen Punkt, auf den ich hier nur hinweisen wollte, gedenke ich an anderer Stelle ausführlicher zurückzukommen.

Hier aber will ich noch mit einer Hypothese schliessen, die um so ungefährlicher ist, als sie die Zukunft der Moose betrifft.

Verfolgen wir die Reihe der Farnkräuter durch die Gefässcryptogamen und Gymnospermen bis in die Phanerogamen, so scheint, wie dies ja seit Hofmeister vielseitig von Anderen ausgeführt ist, der eingehaltene Gang eine allmälige Verkümmerung der sexuellen Generation — oder vielmehr wie es richtiger heissen muss ihres vegetativen Theiles — nachzuweisen, bis schliesslich bei Gymnospermen und Phanerogamen die sexuellen Organe zum Theil schon von der ungeschlechtlichen Pflanze aufgenommen werden, wodurch diese selbst den Character einer Geschlechtspflanze erhält.

Sehen wir vom Pollenschlauch ab, dem letzten Rest einer selbständigen, sexuellen Generation bei Phanerogamen, so kann man daher sagen, dass in dieser Reihe die reine Sexualität erreicht wird durch den Verlust des vegetativen Theiles der Geschlechtspflanze und den Uebergang ihres Sexualcharacters auf die Sporenpflanze.

Es wäre nun denkbar, dass in der Reihe der Moose die reine Sexualität durch Unterdrückung des Generationswechsels auf einem näheren Wege angebahnt wird, nämlich durch blosse Verkümmerung der Sporangien der neutralen Generation. Nehmen wir an, dass an diesen in einer fortgesetzten Reihe moosartiger Gewächse die Sporangien allmälig verkümmern, die kümmerliche Axe aber in irgend einem rudimentären Zustande zurückbleiben würde, so würde diese aus der befruchteten Gonosphäre der Moose sich entwickelnde küm-

merliche Axe wie eine embryoartige Bildung erscheinen, aus welcher die Moose sich regelmässig durch Protonemasprossung, wie jetzt aus den Sporen, wiedererzeugen würden. So würde die Moosreihe rein sexuell werden und man könnte annehmen, dass die gegenwärtigen Moose, die offenbar in der Entwickelung der vegetabilischen Organismen eine jüngere Geschichte haben, als die Farnkräuter, erst auf dem halben Wege ihrer Entwickelung angelangt sind.

Die eigentliche Aufgabe, die ich mir in diesem Aufsatze gestellt habe, muss ich endlich noch mit einigen Worten hier am Schlusse kurz zusammenfassen. Sie liegt in dem versuchten Nachweise, dass die Generationen der Thallophyten ganz so, wie die der Cormophyten, in allen Kreisen mit einer freien Zelle, der Spore, beginnen, dass sie aber bei Thallophyten überall freie selbständige Pflanzen darstellen, während sie bei Cormophyten in organischem Zusammenhange bleiben und daher in ihrer ungetrennten Aufeinanderfolge nur noch wie zwei selbständige Abschnitte einer Entwickelungsreihe erscheinen. Hieraus folgt dann, dass die Früchte der Thallophyten nirgends einen Generationswerthbesitzen und dass sie auch dort, wo ihre Entwickelung unter sexuellem Einfluss steht, wie bei den Kapselfrüchten der Florideen und wahrscheinlich bei den Perithecien und Apothecien der Ascomyceten sich durchaus nicht anders verhalten, wie die Calyptra der Moose und das Gewebepolster des Embryo der Gefässcryptogamen, sondern ebenso, wie diese, nur sexuell beeinflusste Organe der weiblichen Pflanze sind. Ich glaube daher Trichophor und Ascogon wie Archegonien betrachten zu dürfen, die einer directen Befruchtung unterliegen, in welchen aber die Befruchtung zugleich materiell im Gewebe von Zelle zu Zelle bis auf die Sporen fortgeleitet wird, gerade wie umgekehrt in den Archegonien der Moose und Farn der Einfluss der Befruchtung von der Gonosphäre aus auf das Gewebe des Archegoniums übertragen wird. Die Kapselsporen und Ascosporen sind mir daher nicht die geschlechtslos erzeugten Sporen einer sexuell erzeugten Generation, sondern selbst sexuell erzeugte Sporen, die in einem sexuell beeinflussten Organe der Mutterpflanze entstehen. Der Generationswechsel der Pflanzen endlich zerfällt meiner Anschauung nach in zwei Reihen von Erscheinungen, die wohl zu trennen sind; in den sexuellen Generationswechsel, welcher eine durch das Eingreifen und die Entstehung der Sexualität be-

dingte Beziehung zwischen genetisch correlativen Fructificationsformen ausdrückt und daher ganz in das Gebiet der Fructification fällt, und zweitens in den Sprosswechsel oder vegetativen Generationswechsel, der wiederum ganz der vegetativen Propagation angehört. In so weit aber Propagation und Fructification getrennte Erscheinungen der Vegetation sind, sind es auch diese beiden Formen des Generationswechsels. —

Untersuchungen über das Blattwachsthum.

Von

F. G. Stebler.

Der Vorgang des Wachsthums ist schon vielfach Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen, wovon die älteren wohl Resultate ergaben, welche für die Erklärung des Wachsthums im Allgemeinen von Bedeutung waren, aber erst den allerneuesten Untersuchungen von Sachs, Prantl und Strehl blieb es vorbehalten, einige sichere Aufschlüsse über die Periodicität des Wachsthums bei wenig schwankenden äusseren Bedingungen zu geben. Von den erwähnten neueren Forschern untersuchte Sachs[1]) das Wachsthum der Internodien, Prantl[2]) jenes von einigen dicotylen Blättern und jenes der Wurzel und des hypocotylen Gliedes Strehl[3]). Ueber das Wachsthum der linearen monocotylen Blätter liegen bis jetzt noch keine Untersuchungen vor; es lässt sich zwar vermuthen, dass dasselbe mit demjenigen der Internodien etc. im Wesentlichen übereinstimmt; es schien mir aber für nothwendig, dasselbe einer genauen Untersuchung zu unterwerfen, deren Resultate hier mitgetheilt werden sollen. Diese Beobachtungen, welche die Untersuchung des Wachsthumsmodus, der grossen und kleinen Periode des Wachsthums der linearen monocotylen Blätter zum Gegenstand haben, sind in der Zeit vom October 1874 bis Juni

[1]) Jul. Sachs. Ueber den Einfluss der Lufttemperatur und des Tageslichtes auf die stündlichen und täglichen Aenderungen des Längenwachsthums (Streckung) der Internodien. Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg, herausg. v. J. Sachs. Heft II. Leipzig 1872.

[2]) Dr. K. Prantl. Ueber den Einfluss des Lichts auf das Wachsthum der Blätter. Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg. Heft III. 1873.

[3]) Richard Strehl. Untersuchungen über das Längenwachsthum der Wurzel und des hypocotylen Gliedes. Dissertation. Leipzig 1874.

1875 ohne Unterbrechung im pflanzenphysiologischen Laboratorium der Universität in Leipzig gemacht worden.

Soweit die ältere Literatur für die Frage von Bedeutung ist, wird sie im Laufe der Abhandlung berücksichtigt, im Sonstigen ist auf die Zusammenstellung und Kritik derselben von Sachs[4]) zu verweisen.

Von den neueren Untersuchungen über das Wachsthum der Blätter ist, wie schon bemerkt, nur diejenige von Prantl[5]) zu erwähnen. Derselbe untersuchte in der letzten Hälfte des Juni und in der ersten Hälfte des Juli 1872 den Verlauf des täglichen Längen- und Breitenwachsthums einiger dicotyler Blätter (Cucurbita, Nicotiana und Ferdinanda). Die Messungen wurden dreistündlich und mit dem Massstab vorgenommen. Das Maximum der täglichen Periode findet er bei den nicht künstlich verdunkelten Pflanzen 3 bis 12 Stunden nach Tagesanbruch, um so früher, je intensiver, und um so später, je geringer die Intensität des Lichtes ist, so dass das Maximum im ersteren Falle schon 3, im andern aber erst 9 — 12 Stunden nach Tagesanbruch zu beobachten ist. In der Regel aber tritt das Maximum des Morgens um 9 Uhr, also 6 Stunden nach Tagesanbruch ein[6]). — Durch künstliche Verdunkelung konnte Prantl das Maximum willkürlich verschieben: wenn er die Pflanze bis um 6 Uhr früh verdunkelte, so trat das Maximum erst um 9 Uhr früh ein, oder auch erst um 12 Uhr Mittags; wenn er sie bis um 9 Uhr früh verdunkelte, so trat es erst um 12 Uhr Mittags oder um 3 Uhr N. ein; wenn er die Pflanzen bis um 12 Uhr Mittags verdunkelte, so trat das Maximum um 3 Uhr N. ein; schliesslich verdunkelte er sie nur bis um 3 Uhr früh und das Maximum ist wieder um 9 Uhr früh zu beobachten. Sehr übersichtlich stellt Prantl dies in Curven dar; die tägliche Zuwachscurve verläuft von der Temperatur ziemlich unabhängig. — Ueber die Lage des Minimums erhält man bei Prantl keine sicheren Aufschlüsse, weil die Temperatur ziemlich beträcht-

---

4) l. c. pag. 170.

5) l. c. pag. 371.

6) Strehl, l. c. pag. 30, will bei Prantl „mit dem Grauen des Tages ein Sinken des Zuwachses“ beobachten, welches ich denn doch aus Prantl's Tabellen nicht folgern möchte.

liche Schwankungen zeigte, die Messung des Morgens um 3 Uhr nur zwei Mal gemacht wurde, sonst aber unterblieb, und nach der Interpolirungsmethode die Hälfte des um 6 Uhr früh ermittelten Zuwachses für die um 3 Uhr früh unterlassene Messung angenommen wurde. — Ein allmäliges Steigen der Zuwachscurve vom Abend bis zum Morgen, woran die von Sachs angenommene beschleunigende Wirkung der Dunkelheit zu ersehen wäre, ist durchaus nicht immer zu beobachten und darf aus dem Grunde, weil die Messung um 3 Uhr früh mit Ausnahme von zwei Malen unterblieben ist, aus den angegebenen Zahlen durchaus nicht gefolgert werden. Im Gegentheil, aus der zweimaligen Messung des Morgens um 3 Uhr (den 18. und 21. Juni) geht hervor, dass in der Nacht ein Sinken des Zuwachses eintritt[1]).

In seinen Folgerungen schliesst sich Prantl der von Sachs für die Internodien gegebenen Erklärung, dass das Licht das Wachsthum retardire und die Dunkelheit es beschleunige, an. Demnach wäre das tägliche, im Vormittag auftretende Maximum eine Nachwirkung der Dunkelheit. Die tägliche Periode ist nach Prantl aber dennoch eine Function der Beleuchtung, diese Function des Lichtes ist aber eine das Wachsthum retardirende. — Er scheint seinen Beobachtungen an den künstlich verdunkelten Pflanzen, dass das Maximum immer an das Vorhandensein des Lichtes gebunden ist und nie in der Zeit während der Verdunkelung eintritt (und wenn er die Pflanzen auch bis 12 Uhr Mittags verdunkelte), wenig Bedeutung beigelegt zu haben.

Allerdings ist, wie Prantl sagt, die tägliche Periode eine Function des Lichtes, was aber das Wichtigste bei derselben ist, das tägliche Maximum tritt in seinen Tabellen ganz deutlich als Function des Lichtes hervor und ist keine Function der Dunkelheit. Das Licht kann somit das Wachsthum auch befördern.

Aus diesem schon geht hervor, dass die tägliche Periode bei den Blättern noch andere Momente zu ihrer Erklärung bedarf und der retardirende Einfluss des Lichtes allein zur Erklärung nicht genügt. Ich werde deshalb die Frage über die tägliche Periode der dicotylen Blätter ebenfalls einer kurzen Untersuchung unterwerfen, um im

[1]) Vergl. Prantl l. c. pag. 374 Tab. II. „beob." Zuwachse.

Verein mit den Resultaten bei den linearen monocotylen Blättern Schlüsse über die tägliche Periodicität überhaupt zu ziehen. Schliesslich werde ich die gefundenen Resultate über die tägliche Periodicität des Wachsthums mit denjenigen von Sachs und Strehl an Internodien, Wurzeln und dem hypocotylen Gliede ermittelten Zahlen vergleichen.

I. Beobachtungsmethoden.

Alle hier mitzutheilenden Untersuchungen wurden an Pflanzen angestellt, die in Töpfen cultivirt waren, in welchen dieselben nun unter beliebig modifizirbare äussere Bedingungen gebracht werden konnten. Da es bei derartigen Untersuchungen Hauptbedingung ist, die äusseren Einflüsse möglichst constant zu halten und nur ein einziger und dieser auch nur periodisch wechseln darf, welches aber zu erreichen nur im Zimmer möglich ist, in welchem man dieselben mehr in der Hand hat, so wurde von vornherein von Beobachtungen im Freien abgesehn.

Die Messungen wurden mit einem genau in halbe Millimeter eingetheilten Messingmassstab ausgeführt. Bei dieser feinen Theilung kann man mit einiger Uebung noch mit ziemlicher Genauigkeit Zehntel-Millimeter abschätzen, welches, zumal wenn der Anfang und das Ende der zu messenden Strecke scharf abgegrenzt sind, ganz leicht möglich ist.

Der Verschiedenheit der Versuchsobjecte halber war die Beobachtungsmethode auch eine verschiedene.

Meyer[8]), welcher den Zuwachs von Weizen- und Gerstenpflanzen mass, „setzte bei der Messung den Massstab dicht neben die Pflanze unmittelbar auf die Erde, welche vor der ersten Messung schon etwas festgedrückt war, später aber so wenig als möglich ge-

[8]) E. Meyer. Ueber das periodische Wachsthum einiger Getreidearten. Linnaea Bd. IV. Berlin 1829. pag. 98.

drückt ward und mass jedesmal bis zur Spitze der ganzen Pflanze, also in verschiedenen Zeiten bis zur Spitze verschiedener Organe". Das Wachsthum ermittelte er aus zwei aufeinanderfolgenden Höhenmessungen [9]). Abgesehn davon, dass es sehr ungenau ist, den Massstab auf den Boden zu stellen und die Oberfläche desselben als fixen Punkt anzunehmen, so müssen bei dieser Methode Zeiten eintreten, wo bei der wachsenden Pflanze kein Zuwachs zu ermitteln ist, wie auch aus Meyer's Tabellen pag. 105 zu ersehn ist. Dass dies aber nicht der Fall ist und kein derart periodischer Wachsthumstillstand eintritt, ist nicht schwer einzusehn; der von Meyer beobachtete Stillstand liegt vielmehr an der Methode selbst „weil er jedesmal bis zur Spitze der ganzen Pflanze mass". Das ältere Blatt, welches die Spitze der ganzen Pflanze bildet, ist aber längst ausgewachsen, wenn endlich die Spitze des nächstfolgenden Blattes die Spitze des älteren Blattes zu überragen anfängt und man nach der Meyer'schen Methode auf kurze Zeit wieder einen Zuwachs ermitteln könnte. Danach würde die Gersten- und Weizenpflanze eine lange Zeit ruhen, um dann auf kurze Zeit wieder zu wachsen, so dass immer fortlaufend eine kurze Wachsthums- und eine lange Ruheperiode mit einander abwechseln würden. Man würde nur die Zuwachse der allerletzten Phasen der grossen Periode eines Blattes erhalten, denn die consecutiven Blätter überragen einander nur um einen ganz geringen Theil ihrer Gesammtlänge. Beim ersten grünen Blatte, welches Meyer ebenfalls untersuchte, ist dies zwar nicht in dem Masse der Fall, wohl aber bei den folgenden.

Dieser Methode konnte ich mich bei den Messungen an den Gramineenblättern somit nicht bedienen. Wohl aber könnte man den Massstab auf den Boden stellen und immer bis zur Spitze des jeweilen jüngsten Blattes messen. Es würde aber diese Methode, wie schon oben angeführt, der Genauigkeit entbehren, — auf die es hier aber besonders ankommt, — weil der Massstab durch stärkeres oder geringeres Zusammendrücken des Bodens mit seinem unteren Ende das eine Mal tiefer, das andere Mal weniger tief zu stehen kommt und man demnach im ersteren Falle einen grösseren, im letzteren einen geringeren Zuwachs erhalten würde.

[9]) Meyer l. c. Tabelle pag. 107.

Es war also erstes Bedürfniss, eine andere Methode zu finden.

Bekanntlich entwickeln sich die jungen Blätter der Gramineen innerhalb der Scheiden der älteren Blätter. Wenn man die Entwickelung des Blattes von Anfang an verfolgen wollte, so müsste man die dasselbe umhüllenden Scheiden alle entfernen. Ich habe dies zu wiederholten Malen und unter den verschiedensten Verhältnissen versucht, die freigelegten Blätter gingen mir aber stets zu Grunde oder verkrüppelten, weil man ihnen ihre Schutz- und Ernährungsorgane — die älteren Blätter — weggenommen hatte, so dass sie zur weiteren Untersuchung unbrauchbar waren. Auf die Untersuchung des Wachsthums innerhalb der Scheide musste man schon aus diesem Grunde verzichten; wie lange das Blatt in der Scheide wächst, bis es aus derselben heraustritt, bleibt somit noch unbekannt und der erste Anfang der grossen Periode entzieht sich der Beobachtung. — Ich fasste nun das Wachsthum des Blattes oberhalb der Scheide ins Auge und untersuchte, ob der einmal aus der Scheide herausgetretene Theil des Blattes noch in die Länge oder in die Breite wächst. Zahlreiche Messungen, die hier mitzutheilen ich nicht für nöthig finde, haben ergeben, *dass der einmal aus der Scheide herausgetretene Theil des Blattes nicht mehr in die Länge wächst, dass das Längerwerden des Blattes vielmehr einem stetigen Nachschieben aus der Scheide heraus zuzuschreiben sei. Das geringe Breitenwachsthum*, welches an dem die Scheide verlassenen Blatttheil noch stattfindet, *ist hauptsächlich nur durch die Auseinanderlegung der vorher zickzackförmig gefalteten concaven Innenseite des noch eingerollten Blattes zu erklären*, wie an Querschnitten durch jüngere und ältere Blätter zu ersehn ist. Diese Entfaltung der concaven Innenseite wird hervorgerufen durch Vergrösserung der direct unter der Epidermis der Innenseite liegenden Parenchymzellen.

An den aus der Scheide herausgetretenen Blättern ist meist nur an einem einzigen, dem jüngsten, ein Längenwachsthum durch ein Nachschieben von unten her zu beobachten. In den allerletzten Phasen der grossen Periode tritt zu diesem Blatte noch ein jüngeres aus der Scheide des unteren Blattes hervor und es ist auf kurze Zeit an zwei Blättern ein Wachsthum zu notiren (vergl. Tab. 5).

Auf diese, aus den mitgetheilten Voruntersuchungen gewonnenen Thatsachen, dass der einmal aus der Scheide herausgetretene Theil des Blattes nicht mehr in die Länge wächst, dass vielmehr ein stetiges Nachschieben von unten her stattfindet, dass ferner in der Regel nur das jüngste und nur auf kurze Zeit die zwei jüngsten aus der Scheide herausgetretenen Blätter noch in die Länge wachsen, stütze ich meine Messungsmethode bei den Gramineen.

Am aufklaffenden Scheidenrande des obersten ausgewachsenen Blattes (das ich hier das „erste" nennen will) bringt man an einer Stelle, an welcher das innerhalb dieser befindliche zweitoberste (zweite) Blatt z. Th. hervortritt, eine feine Tuschmarke an und verbindet dieselbe durch einen horizontal fortgeführten Tuschstrich an der geöffneten Stelle der Scheide mit diesem letzteren. Wächst nun das zweite Blatt noch, so gelangt die Marke auf diesem in höhere Regionen, die Marke auf der Scheide des ersten Blattes bleibt aber fest, denn dieses Blatt ist ausgewachsen. In derselben Horizontalebene der „festen Marke" (auf dem ersten Blatt) wird nun zwischen den aufklaffenden Scheidenrändern eine neue Marke auf das zweite Blatt aufgetragen und die Entfernung von dieser und der ersten gemessen: man hat den Zuwachs für den Zeitraum von der ersten bis zur zweiten Markenauftragung. — Will man den Zuwachs des jüngsten (dritten) Blattes wissen, so macht man an dem unteren freien Ende des zweiten Blattes eine Marke (die ich zum Unterschied der „festen" Marke die „fixirte" nennen will) und verbindet dieselbe horizontal mit einer Marke an dem von diesem z. Th. eingeschlossenen jüngsten Blatt und sieht nach einer bestimmten Zeit nach, wie viel höher oder tiefer diese Marke auf dem jüngsten (dritten oder obersten) Blatt als die „fixirte" Marke auf dem zweiten Blatt ist, nachdem man auf ersteres vorher eine neue Marke aufgetragen hatte. Ist die Marke auf dem jüngsten Blatt höher als die „fixirte" (auf dem zweiten Blatt) so ist ein „plus", ist sie aber tiefer, dann ist ein „minus" des „Nachschubs" („Nachschub" zum Unterschied von „Zuwachs") vorhanden. Den wirklichen Zuwachs des jüngsten Blattes erhält man, wenn man den „Nachschub" (plus oder minus) desselben zu dem „Zuwachs" des zweiten Blattes, welchen man vorher ermittelt hat, hinzuaddirt oder davon subtrahirt, — ersteres wenn ein plus, letzteres wenn ein minus des Nachschubs

ermittelt wurde (vergl. besonders Tab. 5a). Dieses muss darum geschehn, weil die fixirte Marke auf dem zweitjüngsten Blatt gerade so viel höher gerückt ist als der ermittelte Zuwachs desselben Blattes beträgt. Wächst dieses mehr als das jüngste, so muss man bei diesem ganz natürlich ein minus des Nachschubs erhalten d. h. die Marke ist bei der zweiten Messung tiefer als die fixirte Marke auf dem zweitjüngsten Blatt.

Die Vortheile dieses Verfahrens beruhen namentlich darauf, dass man immer nur kurze Strecken zu messen braucht, deshalb auch eine viel genauere Messung möglich ist; dass, ferner, Irrungen fast gar nicht möglich sind. Die Methode ist auch sehr leicht durchführbar, man hat nur jedesmal mit einem feinen Malerpinsel auf das wachsende Blatt einen Tuschstrich aufzutragen und kann dann die Messung nach Belieben, wenn man gerade Zeit hat vornehmen. Beschäftigt man sich mit der Untersuchung der täglichen Periode, so braucht man des Nachts bei der geringen Helligkeit des Lampenlichtes nur den Tuschstrich zu machen und kann dann am folgenden Morgen messen. Ueberhaupt die Beobachtungsmethode ist so einfach und zuverlässig, wie keine andere, bei welcher man immer die ganze Länge zu messen hat und durch Subtraction der ersten von der folgenden Messung den Zuwachs bestimmt.

Es wurde oben angeführt, dass die jungen Gramineenblätter, wenn die umhüllenden Scheiden weggenommen wurden, regelmässig zu Grunde gingen, weil man denselben damit ihre Schutz- und Ernährungsorgane wegnahm. Es schien mir aber wünschenswerth, den Wachsthumsvorgang der linearen monocotylen Blätter genauer zu untersuchen, wobei das Blatt aber von Anfang seiner Entwickelung bis zu Ende des Wachsthums der Beobachtung zugänglich sein muss. Am besten eignen sich dazu die Blätter von Allium cepa. Die jungen Zwiebelblätter sind aber bekanntlich noch gänzlich in die fleischige Zwiebel eingeschlossen, erst nach und nach verlässt das Blatt, zuerst der obere Theil desselben, dieselbe, der untere Theil bleibt aber noch lange eingeschlossen. Ich habe nun die Zwiebelschalen einfach sammt und sonders weggenommen und nur die Knospen eingepflanzt[10]), damit das Blatt in seinem weiteren Wachsthum ungehindert beobachtet

10) Vergl. Sachs. Lehrb. der Botanik IV. Aufl. Figur 424 pag. 598.

werden könne. Da man aber der jungen Pflanze mit der Wegnahme aller Zwiebelschalen die Hauptbedingung des Wachsthums, die Reservenahrung, wegnimmt, und die eigenen Assimilationsproducte zur vollständigen Ernährung nicht ausreichen, so erhält man auch nur schwächliche Pflanzen. Dasselbe, das Blatt von Anfang an freigelegt zu haben, wird erreicht, wenn einfach durch einen Quadrantenausschnitt auch nur ein Viertheil der Zwiebelschalen weggenommen wird, dadurch wird wenigstens ein in dem Zwiebelcentrum liegendes Blatt der Beobachtung vollständig zugänglich. Die Wegnahme eines Viertels der Reservenahrung schadet der Entwicklung der Pflanze nicht im Geringsten, wenn man grosse und nicht flache Zwiebeln zum Versuch verwendet. — Die äussersten Blätter der Zwielknospe sind Scheidenblätter, erst die weiter nach Innen liegenden Blätter bringen im allmäligen Uebergange die Lamina zur grösseren Entwickelung. Zur Beobachtung wurden nur diese letzteren verwendet, die Scheidenblätter aber sorgfältig entfernt. — Der Zuwachs wurde aus zwei aufeinanderfolgenden Messungen ermittelt: Differenzmethode (vergl. Tab. 2A. und B.).

Endlich habe ich zur Prüfung und Vervollständigung der Beobachtungen Prantl's das Wachsthum der Blätter von Cucurbita untersucht. Ueber die Methode bleibt nichts Weiteres hinzuzufügen, die Messung geschah ganz in der von Prantl angewendeten Art und Weise.

Zur Herstellung möglichst constanter Temperaturen bediente ich mich vielfach des sog. Wärmeapparates. Derselbe stimmt im Prinzip mit demjenigen von Sachs in seiner Experimentalphysiologie in Figur 7 abgebildeten überein. Die Erwärmung des Wassers geschah aber durch eine kleine Gasflamme, welche selbst durch einen in dem erwärmten Wasser des Apparates steckenden Bunsen'schen Regulator regulirt wurde. Die über die Pflanze im Apparat gestülpte Glasglocke stand nicht auf den Haken des äusseren Blechgefässes, sondern auf dem oberen Rand desselben. Damit jedoch eine Luftcirculation stets möglich sei, wurde der oben in der Glasglocke befindliche Tubus offen gelassen und zwischen Glasglocke und den Rand des äusseren Blechgefässes an drei Stellen 2 Ctm. hohe Hölzchen gelegt, so dass zwischen Glocke und Blechgefäss noch eine 2 Ctm. hohe Oeffnung blieb, durch welche die äussere Luft stets

einströmen konnte. Freilich hat man dadurch den Nachtheil, dass die Temperatur unter der Glocke von der äusseren Temperatur um so mehr beeinflusst wird, so dass man den Regulator bei stark veränderlicher äusserer Temperatur immer anders einstellen muss, welches man aber nach einiger Uebung, namentlich wenn man die äussere Temperatur kennt und berücksichtigt, mit ziemlicher Genauigkeit kann.

Das trockene und das nasse Thermometer befanden sich in allen Fällen in der nächsten Nähe der Pflanzen, hingen womöglich an Stäbchen, welche in dem Topfe der beobachteten Pflanze selbst steckten. Vor der Ablesung der Temperatur am nassen Thermometer wurde dasselbe in Schwingung versetzt und erst nachdem dasselbe zur Ruhe gekommen abgelesen. Zur Beobachtung der Temperatur wurden ausnahmslos nur nach Celsius und in Zehntel-Grade getheilte Thermometer verwendet, welche genau mit einander übereinstimmten. — Die angeführten Bodentemperaturen beziehen sich auf eine Tiefe von 5 Ctm. in der Erde des Blumentopfes. Die Berechnung der Mitteltemperaturen geschah nach den Formeln von Pedersen[11]). Alle Messungen fanden im diffusen Licht statt.

---

[11]) R. Pedersen. Haben Temperaturschwankungen als solche einen ungünstigen Einfluss auf das Wachsthum? Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg. Heft IV. Leipzig 1874.

II. Tabellen.

Die Tabellen werden in der Reihenfolge mitgetheilt, wie sie in den späteren Kapiteln besprochen werden sollen.

1. Allium cepa.

Partialzuwachse in Millimeter.

Messungen an einem freigelegten Blatt zur Charakteristik des basipetalen Wachsthums.

Grüne Pflanze im Licht unter der Glasglocke im Wärmeapparat an einem Westfenster. Die eingerahmten (☐) Zahlen bedeuten die Maxima der einzelnen Zonen. Die Zonen sind von unten nach oben mit I. bis IX. bezeichnet. Zone III. ist die Uebergangszone von der Scheide zu der Lamina. Die Eintheilung fand den 7. März Abends um 7 Uhr statt; die folgenden Messungen aber immer um 7 Uhr Morgens. Die Temperatur wurde beständig zwischen 19 und 21° C. gehalten und zwar so, dass die täglichen Mittel nahezu übereinstimmen. Messung mit dem Massstab.

	Länge der Zone.	Bezeichnung der Zone.	bis 9. März	bis 10. März	bis 11. März	bis 12. März	bis 13. März	bis 14. März	bis 15. März	bis 16. März	bis 17. März	bis 18. März	bis 19. März	bis 20. März	bis 21. März	bis 22. März	bis 23. März	Summa der Partialzuwachse
Scheide	2,5 mm.	I.	0,1	0,3	0,6	0,8	„1,6“	1,5	1,4	1,4	0,2	—	—	—	—	—	—	7,9
	2,5 „	II.	0,1	0,4	1,0	2,2	2,2	2,3	2,9	„3,6“	3,4	2,9	2,7	1,5	1,0	0,2	—	26,4
Lamina	2,5 „	III.	0,1	0,2	0,7	0,8	1,1	1,9	2,6	[3,6]	3,0	2,9	2,5	2,3	2,1	1,1	0,2	25,1
	2,5 „	IV.	0,4	0,4	3,1	3,4	3,8	3,2	5,2	[5,8]	5,3	5,1	4,4	4,2	2,8	0,9	0,1	48,1
	2,5 „	V.	0,4	0,5	1,5	2,5	2,5	2,7	[3,7]	3,6	3,3	3,0	2,7	2,5	1,0	0,2	—	30,1
	2,5 „	VI.	0,2	0,3	1,0	1,7	2,0	2,2	[2,3]	2,2	2,0	2,1	1,9	0,7	0,3	0,1	—	19,0
	2,5 „	VII.	0,2	0,3	1,0	1,6	1,8	2,0	[2,2]	2,1	2,2	1,6	1,1	0,4	0,2	—	—	16,7
	2,5 „	VIII.	0,2	0,2	0,5	1,3	1,1	[1,8]	1,4	1,4	1,5	0,7	0,3	—	—	—	—	10,4
	2,5 „	IX.	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1	—	—	—	—	—	—	1,4
Summa der Partialzuwachse			1,8	2,7	9,5	14,5	16,2	17 7	22,0	24,0	21,0	18,3	15,6	11,6	7,4	2,5	0,3	Sa. Sa. 185,1
			hell.	fast trübe.	trübe.	fast trübe.	bewölkt.	hell.	hell.	hell.	trübe.	fast hell.	trübe.	fast trübe.	fast trübe.	fast trübe.	trübe.	**Beleuchtung.**

2. Allium cepa.

Messungen an einem freigelegten Blatt zur Charakteristik des basipetalen Wachsthums.

Grüne Pflanze im Licht. Das Blatt wurde den 15. März Morgens 10 Uhr in Zonen von 2.5 und 5 Millimeter eingetheilt. Die einzelnen Zonen sind von unten nach oben mit Ia. bis VIII. bezeichnet; Ia. Basis der Scheide; Ib. das darüber liegende Stück derselben und Uebergangsstelle in die Lamina; IIa. unterste Zone der Lamina; VIII. Spitze des Blattes. Die weiteren Messungen fanden während der folgenden Tage um 10 Uhr statt.

A. Zonenlänge in Millimeter.

	Zone.	am 15. März	am 16. März	am 17. März	am 18. März	am 19. März	am 20. März	am 21. März	am 22. März	am 23. März	am 24. März	am 25. März	am 26. März	am 27. März	am 28. März	am 29. März	am 30. März
Scheide	Ia.	2,5	2,8	3,7	4,5	5,1	5,7	6,4	7,8	9,0	9,5	10,0	10,5	10,8	10,8	—	—
	Ib.	2,5	3,5	5,2	7,2	9,6	11,9	15,2	19,7	21,7	23,9	26,2	27,8	29,3	29,6	29,6	—
Lamina	IIa.	2,5	3,6	5,1	6,7	8,7	10,1	13,1	17,0	20,4	24,3	27,5	30,4	32,0	32,8	33,5	33,5
	IIb.	2,5	4,0	6,3	9,1	12,4	14,6	17,7	21,7	25,1	28,3	30,3	32,4	33,8	34,4	34,7	34,7
	III.	5,0	6,8	10,0	13,2	17,1	19,6	22,5	26,2	30,1	33,1	35,7	37,0	38,4	38,6	38,6	—
	IV.	5,0	6,8	10,0	12,1	14,3	15,7	17,7	20,5	23,0	24,5	25,5	25,8	25,8	—	—	—
	V.	5,0	6,1	7,9	9,9	11,8	13,2	14,6	16,8	18,2	19,0	19,4	19,6	19,6	—	—	—
	VI.	5,0	5,9	7,4	8,9	10,5	11,6	13,0	14,7	15,5	15,9	16,1	16,1	—	—	—	—
	VII.	5,0	5,9	7,3	8,2	9,3	10,3	11,6	12,8	13,5	13,8	14,0	14,0	—	—	—	—
	VIII.	1,5	2,6	2,9	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7	3,9	4,0	4,0	—	—	—	—	—

2.

B. Partialzuwachse in Millimeter.

	Zone	bis 16. März	bis 17. März	bis 18. März	bis 19. März	bis 20. März	bis 21. März	bis 22. März	bis 23. März	bis 24. März	bis 25. März	bis 26. März	bis 27. März	bis 28. März	bis 29. März
Scheide	Ia.	0,3	0,9	0,8	0,6	0,6	0,7	1,4	1,2	0,5	0,5	0,5	0,3	—	—
	Ib.	1,0	1,7	2,0	2,4	2,3	3,3	4,5	2,0	2,2	2,3	1,6	1,5	0,3	—
Lamina	IIa.	1,1	1,5	1,6	2,0	1,4	**3,0**	**3,9**	**3,4**	**3,9**	**3,2**	**2,9**	**1,6**	**0,8**	**0,7**
	IIb.	**1,5**	**2,3**	**2,8**	**3,3**	**2,2**	3,1	4,0	3,4	3,2	3,0	2,1	1,4	0,6	0,5
	III.	1,8	3,2	3,2	3,9	2,5	2,9	3,7	3,9	3,0	2,6	1,3	1,4	0,2	—
	IV.	1,8	3,2	2,1	2,2	1,4	2,0	2,8	2,5	1,5	1,0	0,3	—	—	—
	V.	1,1	1,8	2,0	1,9	1,4	1,4	2,2	1,4	0,8	0,4	0,2	—	—	—
	VI.	0,9	1.5	1,5	1,6	1,1	1,4	1,7	0,8	0,4	0,2	—	—	—	—
	VII.	0,9	1,4	0,9	1,1	1,0	1,3	1,2	0,7	0,3	0,2	—	—	—	—
	VIII.	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	—	—	—	—	—
Summa der Partialzuwachse		10,5	17,8	17,1	19,2	14,0	19,2	25,6	19,5	15,9	13,4	8,9	6,2	1,9	1,2
Tägliche Mitteltemperatur der Luft °C.		19,4°	19,8°	15,5°	16,1°	13,7°	15,9°	16,9°	17,3°	16,8°	16,7°	15,7°	16,8°	16,0°	16,5°

3.

Secale cereale.

Vier grüne Pflanzen im Licht. Grosse Periode bei schwankender Temperatur.

Vier kräftige Keimpflanzen wurden in grosse Töpfe gepflanzt, je ein Exemplar in einen Topf, und im Alter von 4 Wochen zur Beobachtung verwendet. Während der Beobachtungszeit standen sie im Laboratoriumszimmer frei an einem Südfenster. — An einem Stäbchen, welches in einem der Töpfe steckte, war das Thermometer befestigt. Die erste Temperaturbeobachtung fand stets um 8 Uhr früh statt (Minimum), die letzte des Abends um 10 Uhr und auch später. Von dieser letzten Aufzeichnung bis zum Minimum des andern Morgens wurde ein der Zeit proportionelles Sinken angenommen. Während des Tages wurde die Temperatur 8—12 Mal aufgeschrieben und aus allen diesen Zahlen die in der Tabelle angegebenen Mittel berechnet. — Das Laboratorium wurde des Morgens 8 Uhr und Nachmittags 2 U. 30 M. geheizt. — Jede Pflanze wurde täglich mit 50 ckm. Wasser begossen. — Die Messung fand täglich um 11 Uhr früh mit dem Massstab statt.

Tabelle a.

Tageszuwachse der Pflanzen A. und B. in Millimeter.

Tag.	Stunde.	Pflanze A.		Pflanze B.		Lufttemperatur °C.			Beleuchtung.	Bemerkungen.
		Blatt 5.	Blatt 6.	Blatt 5.	Blatt 6.	mittlere tägl.	Minimum.	Maximum.		
28. Novbr.	11 früh	4,5				12,5	9,0	18,4	trübe	
29. „	„	6,0		6,0		11,8	8,4	19,5	„	
30. „	„	11,5		14,0		12,2	9,0	19,9	„	
1. Decbr.	„	18,5		14,0		12,5	10,0	19,2	„	
2. „	„	19,5		18,0		13,2	11,2	16,0	„	
3. „	„	15,5		13,0		11,5	11,0	19,9	fast hell	
4. „	„	20,0		17,0		14,6	11,0	20,2	„ „	
5. „	„	16,5		17,5	3,0	13,7	9,0	20,0	„ „	
6. „	„	15,5		10,0(s)	17,0	13,7	10,0	20,0	„ „	s = Anfang der Scheide.
7. „	„	10,5(s)	12,0	3,0	16,0	13,6	10,1	19,2	fast trübe	
8. „	„	7,5	22,0	1,5	22,5	14,1	11,0	19,2	„ „	
9. „	„	2,5	22,0	1,0	18,0	14,0	11,3	18,7	trübe	
10. „	„		17,0		15,5	12,3	10,0	19,5	„	
11. „	„		22,5		17,5	14,5	10,3	20,2	fast hell	
12. „	„		17,5		21,0	13,8	10,2	22,1	hell	
13. „	„		17,5		13,5(s)	14,3	10,3	16,3	trübe	
14. „	„		20,5		5,0	14,2	10,4	18,9	„	
15. „	„		23,0		2,0	15,6	12,0	20,6	fast trübe	
16. „	„		13,5(s)		0,5	15,0	12,6	18,6	trübe	
17. „	„		2,5		0,5	14,0	12,6	17,8	„	
18. „	„					15,1	12,0	19,0	„	Die Messungen wurden bis in d. Februar fortgesetzt.

Tabelle b.

Tageszuwachse der Pflanzen C. und D. in Millimeter.

Tag.	Stunde.	Pflanze C.		Pflanze D.	Lufttemperatur °C.			Beleuchtung.	Bemerkungen.
		Blatt 5.	Blatt 6.	Blatt 5.	mittlere tägl.	Minimum.	Maximum		
28. Novbr.	11 früh	8,0		4,5	12,5	9,0	18,4	trübe	
29. „	„	13,5		5,5	11,8	8,4	19,5	„	
30. „	„	17,5		9,0	12,2	9,0	19,9	„	
1. Decbr.	„	21,0		11,0	12,5	10,0	19,2	„	
2. „	„	16,0		13,0	13,2	11,2	16,0	„	
3. „	„	15,0		12,5	11,5	11,0	19,9	fast hell	
4. „	„	22,5		12,0	14,6	11,0	20,2	„ „	
5. „	„	18,5		10,5	13,7	9,0	20,0	„ „	
6. „	„	14,5	9,0	9,5	13,7	10,0	20,0	„ „	
7. „	„	7,5(S	13,0	10,0	13,6	10,1	19,2	fast trübe	S = Anfang des Scheidentheils d. Blattes.
8. „	„	7,0	25,0	9,5 (S)	14,1	11,0	19,2	„ „	
9. „	„	1,5	23,5	8,0	14,0	11,3	18,7	trübe	
10. „	„		17,0	4,5	12,3	10,0	19,5	„	
11. „	„		18,0	1,5	14,5	10,3	20,2	fast hell	
12. „	„		16,0	1,0	13,8	10,2	22,1	hell	
13. „	„		17,0	0,5	14,3	10,3	16,3	trübe	
14. „	„		14,5(S)		14,2	10,4	18,9	„	
15. „	„		8,5		15,6	12,0	20,6	fast trübe	
16. „	„		4,0		15,0	12,6	18,6	trübe	

4.

Secale cereale.

Sechs grüne Pflanzen im Licht und acht etiolirte Pflanzen im Dunkeln unter sonst gleichen äusseren Einflüssen. Grosse Periode bei schwankender Temperatur. Blatt 1 und 2.

In 2 Töpfe wurden am 6. Januar je 10 Samenkörner ausgesät; die einen keimten im Dunkeln unter einem Pappcylinder, die andern im Licht. Die Beobachtung begann mit dem Heraustreten des ersten Blattes aus dem Scheidenblatte. Beide Töpfe standen während der Beobachtung im Laboratorium an einem Südfenster; die grünen Pflanzen frei, die etiolirten unter dem Dunkelapparat. Das Thermometer hing frei an einem Stäbchen, welches in einem Topf dicht neben den Pflanzen steckte. Die Ablesung der Temperatur fand täglich 8 — 12 Mal statt. Die Temperatur unter dem Pappcylinder zeigte nur geringe Verschiedenheiten, die hierbei nicht in Betracht kommen.

4

Secale

„Erstes

Im Lichte:

Tag	Stunde	Pflanze No. 1.	2.	3.	4.	5.	6.	tägliche Mittel-temperatur der Luft °C.	Beleuch-tung.
13. Januar	11 früh	5,5	8,5	4,5	1,5	4,0	—	14,7	fast trübe.
14. „	„	8,0	10,5	6,8	3.5	7,5	7,0	14,0	trübe.
15. „	„	15,0	19,5	17,0	9,5	15,0	12,5	13,9	fast trübe.
16. „	„	15,3	17,7	18,5	14,5	15,3	9,5	15,1	trübe.
17. „	„	12,8	11,8	15,0	13,5	12,3	8,5	14,0	fast trübe.
18. „	„	14,8	9,0	15,5	17,0	13,7	11,5	17,0	„ „
19. „	„	14,0	2,3	7,8	14,5	13,3	10,5	14,9	trübe.
20. „	„	9,5	—	—	4,5	8,0	4,3	14,6	„
21. „	„	3,5	—	—	1,0	1,8	1,0	14,1	fast trübe.
22. „	„	1,0	—	—	—	—	—	14,3	trübe.
Summa		99,4	79,3	85,1	79,5	90,9	64,8		

499,0 : 6

durchschnittliche Länge eines Blattes = 83,2 Mm.
durchschnittliche Dauer der Periode = 8⅓ Tag.
durchschnittlicher täglicher Zuwachs einer Pflanze = 10,0 Mm.

a.

cereale.

Blatt.“

Im Dunkeln:

Tag.	Stunde	Pflanze No.							
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
13. Januar	11 früh	1,8	—	—	—	—	—	3,5	—
14. „	„	11,0	3,5	—	—	2,5	—	14,0	—
15. „	„	22,5	18,5	18,0	10,5	11,0	13,0	22,5	12,0
16. „	„	34,5	31,0	31,5	24,0	26,3	19,5	26,7	20,5
17. „	„	24,0	30,5	32,8	27,3	28,0	20,7	29,0	22,0
18. „	„	11,0	21,5	27,0	24,5	27,5	20,0	14,0	18,7
19. „	„	1,0	9,0	12,0	9,5	13,0	28,5	3,0	14,5
20. „	„	—	—	4,0	1,5	4,5	20,5	—	2,0
21. „	„	—	—	—	—	—	5,0	—	—
22. „	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa		105,8	114,0	125,3	97,3	112,8	127,2	112,7	89,7

884,8 : 8

durchschnittliche Länge eines Blattes = 110,6 Mm.
durchschnittliche Dauer der Periode = 6½ Tag.
durchschnittlicher täglicher Zuwachs einer Pflanze 17,0 Mm.

4

Secale

„Zweites

Im Lichte:

Tag.	Stunde	Pflanze No.						tägliche Mittel-temperatur der Luft °C.	Beleuchtung.
		1.	2.	3.	4.	5.	6.		
17. Januar	11 früh	—	8,5	—	—	—	—	14,0	fast trübe.
18. „	„	—	11,3	3,0	—	—	—	17,0	„ „
19. „	„	8,5	12,3	14,5	5,5	0,5	7,0	14,9	trübe.
20. „	„	13,5	12,5	11,0	11,8	13,0	7,8	14,6	„
21. „	„	15,3	10,0	11,0	13,0	12,5	8,0	14,1	fast trübe.
22. „	„	14,3	9,5	12,0	13,5	14,8	10,0	14,3	trübe.
23. „	„	11,8	10,0	8,5	12,5	14,0	8,0	13,5	fast trübe.
24. „	„	11,0	6,8	8,5	10,0	11,3	5,8	13,2	„ „
25. „	„	9,3	7,0	7,8	7,5	7,8	4,5	14,1	„ „
26. „	„	11,0	—	4,5	9,2	10,5	5,0	14,6	trübe.
27. „	„	8,8	—	5,0	6,5	8,5	5,5	13,8	hell.
28. „	„	9,5	—	1,5	3,5	6,5	5,5	14,3	fast hell.
29. „	„	7,0	—	—	1,0	2,8	2,5	15,8	trübe.
30. „	„	5,5	—	—	—	2,5	1,5	15,0	fast trübe.
31. „	„	3,8	—	—	—	1,5	1,0	16,1	„ „
Summa		129,3	87,9	87,3	94,0	106,2	72,1		

576,8 : 6

durchschnittliche Länge eines Blattes = 96,1 Mm.
durchschnittliche Dauer der Periode = $11^2/_3$ Tag.
durchschnittlicher täglicher Zuwachs eines Blattes = 8,23 Mm.

b.

cereale.

Blatt.“

Im Dunkeln:

Tag.	Stunde	Pflanze No. 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
17. Januar	11 früh	9,0	—	—	—	—	—	24,5	—
18. „	„	16,5	—	—	—	—	—	22,0	2,5
19. „	„	17,5	6,5	—	—	1,0	10,0	21,5	20,8
20. „	„	19,0	18,5	9,0	5,5	18,5	16,5	21,5	17,0
21. „	„	22,0	21,0	22,5	11,8	20,0	15,0	21,5	18,8
22. „	„	21,0	20,0	21,5	9,3	17,8	11,5	14,0	18,0
23. „	„	16,5	17,5	21,5	7,5	13,0	10,0	8,0	19,5
24. „	„	13,3	13,5	20,0	6,5	11,8	9,5	5,0	11,0
25. „	„	9,2	10,0	16,0	3,8	8,5	9,5	4,0	15,0
26. „	„	5,0	5,8	9,5	3,5	4,5	6,5	1,8	8,5
27. „	„	1,5	4,5	6,8	1,5	3,5	3,5	1,2	4,5
28. „	„	1,0	3,0	5,0	1,5	3,7	3,7	1,0	3,0
29. „	„	—	1,0	3,5	—	1,5	2,0	—	0,8
30. „	„	—	—	—	—	—	1,0	—	—
31. „	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa		151,5	121,3	135,3	50,9	103,8	98,7	146,0	139,4

946,9 : 8

durchschnittliche Länge eines Blattes = 110,4 Mm.
durchschnittliche Dauer der Periode $11^1/_8$ Tag.
durchschnittlicher täglicher Zuwachs eines Blattes = 10,64 Mm.

5.

Secale cereale.

Acht grüne Pflanzen im Lichte. Einfluss von Tag und Nacht resp. Licht und Dunkelheit auf das Wachsthum (tägliche Periode), bei nur geringen Temperaturschwankungen.

Die Pflanzen befanden sich im Wärmeapparat unter der Glasglocke an einem Westfenster. Die Temperaturbeobachtungen fanden während der Zeit von Morgens 6 Uhr bis Abends 10 Uhr stündlich statt; während der Nacht war die Temperatur sehr constant, so dass die Beobachtungen von Abends 10 Uhr bis Morgens 6 Uhr öfters unterblieben, mitunter wurde sie aber auch des Morgens um 2 Uhr beobachtet. Die Zuwachsmessung wurde vierstündlich mit dem Massstab vorgenommen, dieselbe unterblieb aber einige Male um 2 Uhr früh, wie aus dem Zeichen } zu ersehn ist. — Des Nachmittags um ½2—2 Uhr erreichten die Sonnenstrahlen das Fenster, an welchem die Pflanzen standen; um nun dieses directe Licht abzuhalten, welches die Temperatur unter der zwar an zwei Stellen (unten und oben) offenen Glasglocke beträchtlich erhöht und so den Temperaturverlauf inconstant gemacht hätte, wurde an derjenigen Stelle des Fensters, wohindurch die Sonne ihre directen Strahlen auf den Apparat hätte entsenden können, ein Pappschirm aufgestellt, welcher letztere aber noch circa ¾ Meter von dem Apparat entfernt war, so dass die Pflanzen trotzdem während des Nachmittags von 2—6 ebensoviel Licht erhielten, wie während des Vormittags, als der Schirm nicht vorgestellt war. Diese Einrichtung ermöglichte es die Temperatur bei ziemlich intensiver Beleuchtung constant zwischen 19 und 20,5° C. zu erhalten. — Vom 30. April Abends 8 Uhr an bis den 2. Mai des

Morgens um 6 Uhr, also 34 Stunden, waren die Pflanzen verdunkelt und nur alle 4 Stunden, zum Zwecke der Messung, ans Licht herausgenommen. Den 2. Mai des Morgens um 6 Uhr wurde der Blechrecipient, welcher Behufs der Verdunkelung über die Pflanzen gestülpt ward, mit der Glasglocke vertauscht, und so die Pflanzen von Neuem dem Licht ausgesetzt; nach 2, 4 und 6 Stunden wurde gemessen.

Ich theile in der folgenden ersten Tabelle a. zur Demonstration der Beobachtungsmethode, die Beobachtungen an zwei z. Th. gleichzeitig wachsenden Blättern der Pflanze A. mit, in der zweiten und dritten Tabelle, b. und c., sind nur die „Zuwachse" der Blätter von den übrigen 7 beobachteten Pflanzen mitgetheilt.

Tabelle a.

Pflanze A.

Tag.	Stunde	Blatt 9. Nachschub.	Blatt 9. Zuwachs.	Blatt 10. Nachschub.	Blatt 10. Zuwachs.	4stünd. Mitteltemperatur der Luft °C.	4stünd. Mitteltemperatur des Bodens °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
25. April	2 N.	4,0	4,0			19,9	21,3	hell	Bei Beginn um 10 Uhr fr. war Blatt 9 = 65,7 Mm. lang; — begossen.
	6 „	4,0	4,0			19,8	20,7		2–6 Schirm vor; begossen.
	10 „	3,8	3,8			20,0	20,9	Nacht	
26. „	2 fr.	3,5	3,5			20,1	21,5		
	6 „	3,5	3,5			19,7	21,4	hell	begossen.
	10 „	4,5	4,5			19,6	21,3	fast hell	begossen.
	2 N.	4,7	4,7			19,7	21,1	hell	2–6 Uhr den Schirm vor.
	6 „	4,2	4,2			19,3	20,4		
	10 „	4,0	4,0			19,7	20,7	Nacht	begossen.
27. „	2 fr.	3,6	3,6			19,9	21,5		
	6 „	3,6	3,6	Beginn		19,7	21,8	hell	Blatt 10 = 10,1 Mm. lang.
	10 „	5,1	5,1	− 0,4	4,7	19,6	21,7		
	2 N.	4,3	4,3	− 0,3	4,0	19,5	21,3		
	6 „	2,9	2,9	+ 0,5	3,4	19,7	21,2		2–6 Uhr den Schirm vor.
	10 „	2,5	2,5	0	2,5	19,4	20,6	Nacht	
28. „	2 fr.	2,1	2,1(S)	0,5	2,6	19,4	21,2		S = Beginn der Scheide.
	6 „	2,1	2,1	0,5	2,6	19,4	21,3	fast hell	begossen.
	10 „	2,4	2,4	2,7	5,1	19,5	20,5	fast trübe	
	2 N.	2,3	2,3	2,7	5,0	19,0	20,7	trübe	
	6 „	1,7	1,7	3,7	5,4	19,9	20,9	fast hell	
	10 „	1,2	1,2	4,0	5,2	20,0	21,7	Nacht	begossen.
29. „	2 fr.	1,1	1,1	2,8	3,9	20,1	22,0		
	6 „	1,0	1,0	2,8	3,8	20,0	21,9	trübe; Nebel	begossen.
	10 „	0,8	0,8	4,8	5,6	19,9	21,2	fast trübe	
	2 N.	0,9	0,9	5,3	6,2	19,8	20,9		
	6 „	0,2	0,2	4,7	4,9	19,0	20,7	ganz trübe	
	10 „			4,3	4,3	19,3	20,7	Nacht	
30. „	2 fr.			3,4	3,4	19,6	21,2		
	6 „			4,4	4,0	19,8	21,6	fast trübe; Nebel	
	10 „			5,2	5,2	19,8	21,4	fast hell	

Tag.	Stunde	Blatt 9. Nach-schub.	Blatt 9. Zu-wachs.	Blatt 10. Nach-schub.	Blatt 10. Zu-wachs.	4stünd. Mittel-temperatur der Luft °C.	4stünd. Mitteltemperatur des Bodens °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
30. April	2 N.			6,6	6,6	20,2	21,5	hell	2—6 Uhr den Schirm vor.
	6 „			4,8	4,8	19,8	21,0	hell	
	10 „			4,2	4,2	19,3	20,7	verfinstert	die Pflanze wurde um 8 Uhr verdunkelt.
1. Mai	2 fr.			4,0	4,0	20,1	21,8	„	
	6 „			3,2	3,2	20,5	21,1	„	begossen.
	10 „			3,2	3,2	20,3	21,9	„	
	2 N.			1,6	1,6	20,1	21,2	„	
	6 „			1,5	1,5	20,2	21,0	„	
	10 „			1,5	1,5	20,1	21,0	„	
2. „	2 fr.			2,2	2,2	20,1	21,4	„	die Pflanze wird dem Licht ausgesetzt.
	6 „			1,9	1,9	20,0	21,4	„ erhellt	
	8 „			„1,4“	„1,4“	19,8	20,6	hell	2stündig gemessen.
	10 „			„1,8“	„1,8“	20,2	20,5	hell	2stündig gemessen.
	12 „			„1,2“	„1,2“	19,7	20,7	hell	2stündig gemessen.

Tabelle b.

Pflanzen B. bis E.

Tag.	Stunde	Pflanze B. Blatt 9.	Pflanze C. Blatt 9.	Pflanze C. Blatt 10.	Pflanze D. Blatt 10.	Pflanze E. Blatt 9.	Pflanze E. Blatt 10.	Mittlere 4stünd. Luft-Temper. °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
25. April	2 N.		4,9[1])		4,6[2])	4,0[3])		19,9	hell	1) = 77,4 Mm.; 2) 10,7 Mm.; 3) 37,9 Mm. lang. — begossen.
	6 „		4,3		3,8	4,1		19,8	hell	
	10 „		2,5		1,8	3,8		20,0	Nacht	2—6 den Schirm vor; begossen.
26. „	2 fr.	3,1[4])	2,8		2,9	4,3		20,1	Nacht	4) = 15,4 Mm. lang.
	6 „	3,2	2,9		2,9	4,3		19,7	hell	begossen.
	10 „	4,5	5,2		4,2	6,8		19,6	fast hell	begossen.
	2 N.	4,0	6,0		5,7	7,4		19,7	hell	
	6 „	4,7	4,8		5,0	5,6		19,3	hell	2—6 Schirm vor.
	10 „	4,3	4,1		4,2	4,9		19,7	Nacht	begossen.
27. „	2 fr.	4,0	3,3		3,9	4,5		19,9	Nacht	
	6 „	4,1	3,4		4,0	4,8		19,7	hell	
	10 „	6,5	4,9		6,2	5,9		19,6	hell	
	2 N.	5,2	5,6		5,8	5,6		19,5	hell	
	6 „	3,8	4,8		4,7	4,8		19,7	hell	2—6 Schirm vor.
	10 „	4,2	4,7		4,5	4,8		19,4	Nacht	
28. „	2 fr.	3,5	3,0	2,2[5])	3,6	4,1		19,4	Nacht	5) = 30,1 Mm. l.
	6 „	3,6	3,1(8)	2,3	3,7	4,3		19,4	fast hell	begossen.
	10 „	5,3	4,0	5,9	6,9	5,7		19,5	fast trübe	8 = Beginn der Scheide.
	2 N.	5,5	2,9	4,7	5,3	5,8		19,0	trübe	
	6 „	5,0	3,0	5,1	5,4	6,8		19,9	fast hell	
	10 „	5,0	1,4	4,9	5,2	6,0(8)		20,0	Nacht	begossen. — 8 = Beg d. Scheide.
29. April	2 fr.	3,9	1,2	3,8	3,6	2,9	0,5[6])	20,1	Nacht	6) = 15,7 Mm. lang; um 2 früh gemessen.
	6 „	4,2	1,7	5,3	4,0	3,0	2,7	20,0	trübe	
	10 „	4,7	2,4	7,5	5,4	3,9	4,1	19,9	fast trübe	begossen.
	2 N.	5,5	1,8	6,8	5,3	3,9	5,7	19,8	fast trübe	
	6 „	5,3	1,2	6,4	5,1	2,2	4,9	19,0	ganz trübe	
	10 „	4,6	0,6	4,5	4,2	1,6	4,4	19,3	Nacht	
30. „	2 fr.	4,0	0,6	4,3	2,3	1,5	3,7	19,6	Nacht	
	6 „	4,5	1,0	6,0	4,0	1,5	5,5	19,8	fast trübe; Nebel	
	10 „	4,7	0,3	6,8	5,2	1,7	6,8	19,8	fast hell	

Tag.	Stunde	Pflanze B. Blatt 9.	Pflanze C.		Pflanze D.	Pflanze E.		Mittlere 4stünd. Luft-Temper. °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
			Blatt 9.	Blatt 10.	Blatt 10.	Blatt 9.	Blatt 10.			
30. April	2 N.	5,5	0,7	7,1	6,2	0,7	7,4	20,2	hell	2—6 Schirm vor.
	6 „	4,0		4,6	4,8		4,9	19,8	hell	D Pflanzen wurden um 8 U. mit einem Blechrecipienten verdunkelt.
	10 „	4,0(s)		4,6	4,7	Pflanze D. Blatt 11.	3,8	19,3	verfinstert	
1. Mai	2 fr.	3,2		3,2	4,6	4,4[2])	3,2	20,1	„	2) 27,3 Mm lang. begossen.
	6 „	2,7		3,4	3,6(s)	4,0	4,7	20,5	„	
	10 „	1,1		3,7	2,9	4,2	4,2	20,3	„	
	2 N.	0,6		2,2	2,2	2,9	2,0	20,1	„	
	6 „	0,7		1,5	1,5	2,1	1,9	20,2	„	
	10 „	0,7		1,1	0,9	1,7	2,2	20,1	„	
2. „	2 fr.	0,7		2,0	0,7	1,3	2,2	20,1	„	D. Pflanzen werden um 6 U. dem Lichte ausgesetzt.
	6 „	0,5		1,8	1,2	1,8	1,9	20,0	erhellt	
	8 „	**„0,4“**		**„1,4“**	**„0,6“**	**„1,2“**	**„0,9“**	19,8	hell	2stündig gemessen.
	10 „	**„0,7“**		**„2,7“**	**„0,5“**	**„1,5“**	**„2,2“**	20,2	hell	
	12 „	**„0,6“**		**„2,0“**	**„0,8“**	**„1,4“**	**„1,7“**	19,7	hell	

Tabelle c.

Pflanzen F. bis H.

Tag.	Stunde	Pflanze F. Blatt 9.	Pflanze F. Blatt 10.	Pflanze G. Blatt 9.	Pflanze H. Blatt 9.	Pflanze H. Blatt 10.	Mittlere 4stünd. Lufttemper. °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
25. April	2 N.	4,3[1]					19,9	hell	1) = 66,2 Mm. lang; begossen. 2) = 10,4 Mm.; 3) = 48,4 Mm. lang. 2—6 den Schirm vor; begossen.
	6 „	4,0		3,4[2]	3,4[3]		19,8		
	10 „	2,9		2,8	3,0		20,0	Nacht	
26. „	2 fr.	2,3		4,1	2,4		20,1		
	6 „	2,3		4,1	2,4		19,7	hell	begossen.
	10 „	4,9		6,3	5,6		19,6	fast hell	begossen.
	2 N.	5,2		6,3	5,5		19,7	hell	2—6 den Schirm vor.
	6 „	4,4		5,7	3,8		19,3		
	10 „	3,7		3,8	3,2		19,7	Nacht	begossen.
27. „	2 fr.	3,3		3,6	2,5		19,9		
	6 „	3,3		3,7	2,5		19,7	hell	
	10 „	4,7		6,1	3,6		19,6		
	2 N.	4,4		6,1	4,3		19,5		
	6 „	3,7	3,4[4]	4,6	4,0		19,7		4) = 6,5 Mm. lang. 2—6 den Schirm vor.
	10 „	3,7	3,2	4,1	3,2		19,4	Nacht	
28. „	2 fr.	3,0	2,6	3,6	3,2		19,4		
	6 „	3,1	2,6	3,7	3,5		19,4	fast hell	begossen.
	10 „	3,2	4,0	5,7	5,2		19,5	fast trübe	
	2 N.	2,8(s)	4,5	5,4	4,7		19,0	trübe	s = Beginn der Scheide.
	6 „	1,9	3,9	5,3	5,1		19,9	fast hell	
	10 „	1,2	3,7	5,2	3,8		20,0	Nacht	begossen.
29. April	2 fr.	1,0	2,9	4,2	3,1		20,1		Von hier an um 2 Uhr früh gemessen.
	6 „	0,7	3,0	4,2	3,2		20,0	trübe	begossen.
	10 „	1,2	5,5	4,4	3,7(s)		19,9	fast trübe	
	2 N.	0,7	5,1	5,0	3,9		19,8		
	6 „	0,7	5,1	5,6	2,3	4,0[5]	19,0	ganz trübe	5) = 4,0 Mm. lang.
	10 „		4,4	4,2	1,4	3,5	19,3		
30. „	2 fr.		3,6	3,1	1,5	3,0	19,6		
	6 „		3,8	4,3	1,8	2,5	19,8	fast trübe, Nebel	
	10 „		5,8	4,0(s)	1,8	4,6	19,8	fast hell	

Tag.	Stunde	Pflanze F. Blatt 9.	Pflanze F. Blatt 10.	Pflanze G. Blatt 9.	Pflanze H. Blatt 9.	Pflanze H. Blatt 10.	Mittlere 4stünd. Lufttemper. °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
30. April	2 N.		6,2	3,3	1,7	5,8	20,2	hell	
	6 „		4,4	3,0	1,2	5,5	19,8	hell	von 2–6 den Schirm vor.
	10 „		3,4	3,0	1,1	3,8	19,3	verfinstert	Die Pflanzen wurden um 8 Uhr verdunkelt.
					Pflanze G. Blatt 10.				
1. Mai	2 fr.		4,2	3,1		2,7	20,1	„	
	6 „		3,7	3,0	4,8[1])	2,7	20,5	„	begossen. 1) = 4,8 Mm. lang.
	10 „		3,2	2,6	4,7	3,1	20,3	„	
	2 N.		2,0	0,9	4,2	2,2	20,1	„	
	6 „		1,7	0,7	1,2	1,1	20,2	„	
	10 „		1,9		0,9	1,0	20,1	„	
2. „	2 fr.		1,7		0,3	1,3	20,1	„	
	6 „		1,6		0,6	1,2	20,0	erhellt	Die Pflanzen wurden um 6 Uhr dem Licht ausgesetzt.
	8 „		**„0,7“**		**„1,3“**	**„0,5“**	19,8	hell	2stündig gemessen.
	10 „		**„1,6“**		**„1,3“**	**„1,1“**	20,2	hell	2stündig gemessen.
	12 „		**„1,2“**		**„1,4“**	**„1,2“**	19,7	hell	2stündig gemessen.

6.

Triticum vulgare.

Drei grüne Pflanzen im Lichte. Tägliche Periode bei sehr geringen Temperaturschwankungen. Siebentes Blatt.

Die Pflanzen befanden sich frei in einem Zimmer gegen Norden unter denselben äusseren Einflüssen, wie die zwei gleichzeitig beobachteten Blätter von Allium cepa (vergl. Tab. 8.); die dort mitgetheilten Einzelbeobachtungen der Temperaturen gelten auch hier (s. d.). Die beobachteten Bodentemperaturen beziehen sich aber hauptsächlich nur auf die erstgenannte Allium cepa, können aber auch hierfür gelten, da die Erde, so viel als möglich, in allen Töpfen gleich feucht erhalten wurde und auch die andern Bedingungen, welche die Bodentemperatur beeinflussen könnten, überall gleich waren. — Messung mit dem Massstab.

Tag.	Stunde	Pflanze 1. Zuwachs in Mm.	Pflanze 2. Zuwachs in Mm.	Pflanze 3. Zuwachs in Mm.	Mittlere 3stünd. Lufttemper. °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
3. April	3 fr.		2,5	1,3	15,2		Vgl. die Einzelaufschreibungen dazu von Lufttemperatur, Bodentemperatur und Luftfeuchtigkeit in Tabelle 8.
	6 „		2,6	1,6	15,1	trübe	
	9 „		3,2	1,6	15,4	„	
	12 „		4,2	1,7	15,6	„	
	3 N.		2,3	1,8	15,5	„	
	6 „		2,8	1,5	15,6	„	begossen
	9 „	2,5	3,1	1,6	15,7		
	12 „	2,3	1,9	1,2	15,5		
4. „	3 fr.	1,7	1,7	1,1	15,1		
	6 „	1,8	2,1	1,1	15,1	fast trübe	
	9 „	1,8	2,8	1,2	15,8	fast hell	
	12 „	4,0	3,2	3,5	16,0	„ „	begossen
	3 N.	4,5	2,8	2,7	15,9	hell	
	6 „	3,5	3,4	3,0	15,8	fast trübe	
	9 „	2,4	2,2	1,3	15,8		
	12 „	1,5	1,8	1,2	15,3		
5. „	3 fr.	1,5	1,5	1,0	15,4		
	6 „	2,1		1,5	15,5	fast hell	
	9 „	2,5		2,4	15,6	hell	
	12 „	4,3		1,9	15,5	„	
	3 N.	2,5		2,0	15,9	„	
	6 „	2,5		1,6	15,9	hell	
	9 „	1,6		1,2	15,8		
	12 „	1,5		0,8	15,9		
6. „	3 fr.	1,3			15,4		
	6 „	1,5			15,5	fast hell	
	9 „	2,3			15,5	„ „	
	12 „	2,5			15,5	hell	

7.

Allium cepa.

Drei grüne Pflanzen im Lichte. Tägliche Periode bei wenig schwankender Temperatur.

Alle 3 Blätter von den 3 verschiedenen Pflanzen waren unten freigelegt. — Die Pflanzen standen während des Tages frei in einem Zimmer gegen Norden, an einem hellen Fenster. Des Nachts wurden sie, um allzu starkes Sinken der Temperatur während dieser Zeit zu vermeiden, auf einen andern Tisch an der Hinterwand des Zimmers frei hingestellt. Des Morgens 5, oft aber auch erst um 6 Uhr wurden sie aber wieder an ihren alten Platz am Fenster gebracht. — Von 6 Uhr Morgens bis 2 Uhr Nachmittags wurde die Temperatur stündlich notirt und daraus die 4stündlichen Mittel berechnet; sonst aber, weil dieselbe späterhin mehr gleichförmig verlief, nur alle 2 Stunden oder auch nur alle 4 Stunden. — Des Morgens um 2 Uhr unterblieben die Messungen zumeist, welches aus dem Zeichen „}“ zu ersehn ist; ist dieses Zeichen nicht da, so hat die Messung um 2 Uhr Morgens wirklich stattgefunden. — Ein neben dem trockenen aufgestelltes nasses Thermometer zeigte während der Nacht meist 0,3 bis 0,5 °C. weniger, als während des Tags, mit Ausnahme des 9. und 10. April, wo es während „des Tags“ sogar 0,2 bis 0,4 °C. weniger anzeigte, als die folgenden Nächte.

Tag.	Stunde	Pflanze A.	Pflanze B.	Pflanze C.	Mittlere 4stünd. Luft-temper. °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
		Zuwachs eines Blattes in 4 Stunden.					
7. Mai	10 fr.	Beginn			bis	fast hell	
	2 N.	3,0			18,2	" "	
	6 "	2,7			18,2	trübe	
	10 "	3,1			18,0		
8. "	2 fr.	{ 1,8			17,7		
	6 "	{ 1,9			17,5	trübe	
	10 "	2,4			17,1	"	
	2 N.	2,5			17,2	fast trübe	von 6 Uhr früh an das eine Fenster offen.
	6 "	3,5			17,6	" "	
	10 "	2,8			17,7		
9. "	2 fr.	{ 2,6			17,7		
	6 "	{ 2,6			17,6	hell	
	10 "	2,2			17,5	fast hell	von 6-10 U. ein Fenster offen.
	2 N.	3,5			18,3	hell	
	6 "	3,3			19,0	trübe	
	10 "	2,5			19,2		
10. "	2 fr.	1,2			19,2		
	6 "	1,4			19,0	trübe, neblig	
	10 "	1,1			19,0	hell	
	2 N.	3,4			19,5	ganz trübe	Gewitter
	6 "	4,2			18,6	trübe	
	10 "	3,0			18,2		
11. "	2 fr.	2,8			18,3		
	6 "	1,0	Beginn		18,4	fast hell	
	10 "	1,8	0,9		18,0	hell	6—2 Uhr d. Fenster offen.
	2 N.	1,9	0,8	Beginn	18,0	fast hell	
	6 "	1,7	0,7	1,9	18,0	hell	
	10 "	1,5	0,4	1,7	18,1		
12. "	2 fr.	{ 1,0	{ 0,8	{ 1,4	17,9		
	6 "	{ 1,1	{ 0,8	{ 1,5	17,8	hell	6-2 Uhr das Fenster offen.
	10 "	0,7	0,7	1,9	17,8	fast hell	
	2 N.	1,2	0,9	1,9	18,0	" "	
	6 "	1,7	1,2	2,2	18,3	" "	
	10 "	0,8	0,6	2,5	18,2		

Tag.	Stunde	Pflanze A.	Pflanze B.	Pflanze C.	Mittlere 4stünd. Lufttemper. °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
		Zuwachs eines Blattes in 4 Stunden.					
13. Mai	2 fr.	0,3	0,6	1,4	18,5		
	6 „	0,2	0,6	1,4	18,2	hell	6—10 Uhr das Fenster offen.
	10 „	0,3	0,3	1,7	17,8	fast hell	
	2 N.	0,7	1,2	2,7	18,4	hell	
	6 „		1,1	3,0	18,6	fast hell	
	10 „		0,7	2,5	18,7	.	
14. „	2 fr.			1,2	19,0		
	6 „			1,3	18,6	hell	6—10 Uhr das Fenster offen
	10 „			1,7	18,4		
	2 N.			3,0	18,2		
	6 „			2,9	18,3		
	10 „			2,1	18,4		
15. „	2 fr.			1,4	18,8		
	6 „			1,4	18,4	hell	6—10 Uhr das Fenster offen.
	10 „			1,5	18,1		
	2 N.			2,0	18,4		

Die einige Male während der Nacht beobachtete höhere Lufttemperatur rührt zum Theil von meiner Petroleumlampe her, die von 7 U. 30 M. bis 11 U. brannte. Damit die Lufttemperatur beim Auslöschen dieser Lampe nicht sinke, so wurde einige Male um 10 Uhr ein Petroleumkochapparat angezündet, der dann bis 5 à 6 Uhr früh brannte. In beiden Fällen wurde die Beleuchtung durch Vorstellen eines Pappschirmes so viel als möglich vermieden. Lampe und Apparat standen immer ca. 3—4 Meter von den Pflanzen entfernt.

8.

Allium cepa.

Blatt einer grünen Pflanze im Lichte. Tägliche Periode bei sehr geringer Temperaturschwankung.

Die Pflanze befand sich frei in einem Zimmer gegen Norden, während des Tages am Fenster, des Nachts auf einem Tisch an der Hinterwand des Zimmers. — Die Temperaturregulirung fand durch schwaches Heizen des Zimmerofens während der Nacht, sowie auch durch Oeffnen von Thür und Fenster (wenn nöthig) während des Tages statt. Aus den Einzelaufschreibungen kann ersehn werden, mit welcher Peinlichkeit die Temperatur immer constant zwischen 15 und 16 °C. zu halten gesucht wurde. Aus diesen Einzelaufschreibungen der Lufttemperatur sind die dreistündigen Mittel berechnet. Das nasse und das trockene Thermometer hingen an Stäbchen dicht neben der Pflanze; die Thermometerkugel des Erdthermometers befand sich 5 Centimeter tief in der Erde. — Das Blatt war in der Zwiebel bis auf die Scheide hinunter freigelegt. Die Messung fand dreistündlich mit dem Massstabe statt.

Tabelle a.

Zuwachse in Millimeter.

Tag.	Stunde	3stünd. Zuwachs bis	Mittlere 3stünd. Lufttemper. °C.	Lufttemperatur °C.	Bodentemperatur °C.	Psychrometrische Differenz °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
2. April	6 N.	Anfang	bis	15,7	12,4	4,1	fast trübe	begossen.
	7 „			16,0	12,5	4,2	Nacht	
	8 „			15,7	12,5	3,8	„	
	9 „	0,9	15,8	15,6	12,4	3,9	„	
	10 „			15,7	12,7	3,8	„	
	11 „			15,0	12,3	3,7	„	
	12 „	0,6	15,4	15,3	11,9	3,8	„	
3. „	2 fr.			15,0	11,6	3,7	„	
	3 „	0,6	15,2	15,3	11,6	3,9	„	
	6 „	0,4	15,1	14,9	11'7	3,6	trübe	
	7 „			15,4	11,8	3,8	„	
	8 „			15,5	12,5	4,1	„	
	9 „	0,3	15,4	15,6	12,5	4,0	fast trübe	
	10 „			15,4	12,6	3,9	sehr trübe	
	11 „			15,7	12,5	4,0	fast trübe	weisse Wolken.
	12 „	1,0	15,6	15,6	12,6	4,0	trübe	
	1 N.			15,6	12,7	4,0	fast trübe	
	2 „			15,3	12,8	3.8	trübe	
	3 „	1,4	15,5	15,8	12,6	4,1	„	
	4 „			15,8	12,6	3,9	fast trübe	
	5 „			15,4	12,8	4,0	trübe	
	6 „	1,2	15,6	15,6	12,3	4,0	ganz trübe	
	7 „			15,8	12,6	3,9	dunkel	
	8 „			15,7	12,6	3,8	Nacht	
	9 „	1,4	15,7	15,7	12,4	3,7	„	
	10 „			15,6	12,6	3,8	„	
	11 „			15,4	12,5	3,7	„	
	12 „	1,2	15,5	15,2	12,4	3,5	„	

Tag.	Stunde	3stünd. Zuwachs bis	Mittlere 3stünd. Lufttemper. °C.	Lufttemperatur °C.	Bodentemperatur °C.	Psychrometrische Differenz °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
4. April	3 fr.	0,3	15,1	15,0	11,6	3,7	Nacht	
	6 „	0,2	15,1	15,2	11,9	3,8	fast trübe	
	7 „			15,7	12,1	4,1	hell	
	8 „			16,0	12,3	4,2	„	
	9 „	0,9	15,8	16,0	12,6	3,9	fast hell	
	10 „			16,1	13,0	3,5	„ „	
	11 „			15,9	13,3	3,5	„ „	begossen.
	12 „	1,6	16,0	15,9	13,6	3,6	„ „	
	1 N.			15,9	13,8	3,5	hell	
	2 „			15,7	13,8	3,5	„	
	3 „	1,5	15,9	15,9	13,8	3,6	„	
	4 „			15,9	14,0	3,8	fast hell	weisse Wolken.
	5 „			15,4	13,6	3,8	fast trübe	viele weisse Wolken.
	6 „	1,0	15,8	16,0	13,4	3,7	„ „	
	7 „			16,1	13,3	3,7	dunkel	
	8 „			15,7	13,1	3,6	Nacht	
	9 „	0,8	15,8	15,2	12,8	3,6	„	
	12 „	0,5	15,3	15,4	11,9	3,6	„	
5. „	2 fr.			15,4	12,0	3,7	„	
	3 „	0,7	15,4	15,6	12,0	3,9	„	
	6 „	0,7	15,5	15,3	11,8	3,9	fast hell	
	7 „			15,8	12,3	4,1	hell	
	8 „			15,6	12,4	3,8	„	
	9 „	0,5	15,6	15,5	12,6	3,5	„	
	10 „			15,4	12,8	3,5	„	
	11 „			15,6	12,9	3,5	„	wenige Schäfchen am Himmel.
	12 „	0,9	15,5	15,5	12,8	3,5	„	
	1 N.			15,9	12,7	4,6	„	Fenster offen.
	2 „			16,0	12,6	4,4	„	
	3 „	1,0	15,9	16,0	12,7	4,8	„	
	4 „			15,9	12,9	3,7	„	
	5 „			15,8	12,9	3,7	„	viele Schäfchen am Himmel.
	6 „	1,0	15,9	15,8	13,0	4,1	fast hell	bewölkt.
	7 „			15,6	12,9	3,9	dunkel	
	8 „			15,8	13,0	3,7	Nacht	
	9 „	0,7	15,8	16,0	13,0	3,8	„	
	10 „			16,1	13,1	4,0	„	
	12 „	0,4	15,9	15,5	12,7	3,7	„	
6. „	2 fr.			15,4	12,2	3,6	„	
	3 „	0,5	15,4	15,4	12,2	3,7	„	
	6 „	0,5	15,4	15,3	12,5	3,8	fast hell	

Tag.	Stunde	3stünd. Zuwachs bis	Mittlere 3stünd. Lufttemper. °C.	Lufttemperatur °C.	Bodentemperatur °C.	Psychrometrische Differenz °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
6. April	7 fr.			15,4	12,5	3,5	fast hell	
	8 „			15,6	12,7	3,4	„ „	
	9 „	0,3	15,5	15,5	12,8	3,5	„ „	
	10 „			15,4	13,0	3,5	hell	
	11 „			15,5	13,0	3,5	„	
	12 „	0,4	15,5	15,4	13,1	3,6	„	
	1 N.			16,0	13,4	3,9	fast hell	
	2 „			15,8	13,7	3,4	hell	
	3 „	1,0	15,9	16,1	13,8	3,4	„	Fenster offen.
	6 „	1,0	15,7	15,2	13,6	3,5	trübe	
	7 „			16,0	13,6	3,3	dunkel	
	9 „	0,9	15,6	15,1	13,2	3,2	Nacht	
	12 „	0,5	15,1	15,0	12,7	3,3	„	

Tabelle b.

Allium cepa.

Tägliche Periode eines Blattes von einer unter denselben äusseren Bedingungen wachsenden Pflanze wie vorige.

Tag.	Stunde.	3stündiger Zuwachs in Millimeter.	Mittlere 3stündige Lufttemp. °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
2. April	9 N.	1,6	15,8		begossen.
	12 „	0,8	15,4		
3. „	3 fr.	0,9	15,2		
	6 „	0,8	15,1	trübe	
	9 „	0,9	15,4	„	
	12 „	1,4	15,6	„	
	3 N.	1,9	15,5	„	
	6 „	1,7	15,6	„	
	9 „	1,6	15,7		
	12 „	1,1	15,5		
4. „	3 fr.	0,8	15,1		
	6 „	0,9	15,1	fast trübe	
	9 „	0,9	15,8	fast hell	
	12 „	2,1	16,0	„ „	begossen.
	3 N.	2,8	15,9	hell	
	6 „	2,7	15,8	fast trübe	
	9 „	2,0	15,8		
	12 „	0,8	15,3		
5 „	3 fr.	0,7	15,4		
	6 „	0,5	15,5	fast hell	
	9 „	1,4	15,6	hell	
	12 „	1,5	15,5	„	
	3 N.	2,1	15.9	„	Fenster offen.
	6 „	1,8	15,9	„	
	9 „	1,9	15,8		
	12 „	1,1	15,9		

Tag.	Stunde.	3stündiger Zuwachs in Millimeter.	Mittlere 3stündige Lufttemp. °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
6. April	3 fr.	0,8	15,4		
	6 „	0,5	15,4	fast hell	
	9 „	0,6	15,5	„ „	
	12 „	0,8	15,5	hell	
	3 N.	1,5	15,9	„	Fenster offen.
	6 „	1,7	15,7	trübe	
	9 „	1,4	15,6		
	12 „	0,7	15,1		

9.

Cucurbita melanosperma.

Tägliche Periode des dritten und vierten Blattes von zwei grünen Pflanzen im Lichte, bei geringen Temperaturschwankungen.

Die Pflanzen standen während des Tages unmittelbar an einem Nordfenster, des Nachts auf einem Tisch an der Hinterwand des Zimmers. Das Sinken der Temperatur während der Nacht wurde durch Anbrennen eines Petroleumkochapparates z. Th. vermieden, mitunter wurde dadurch die Temperatur sogar etwas höher gebracht. Der Kochapparat stand in einer verdunkelten Ecke des Zimmers, ca. 4 Meter von den Pflanzen entfernt. Die Temperaturen wurden meist stündlich notirt, des Nachts aber nur 2stündlich, mit Ausnahme derjenigen Male, wo um 2 Uhr früh nicht gemessen wurde (welches aus dem Zeichen } zu ersehn ist): dann fand die letzte Temperaturaufschreibung um 10 Uhr N. statt und die nächstfolgende des andern Morgens um 4 Uhr.

Zuwachse in Millimeter.

Tag.	Stunde	Drittes Blatt. Pflanze I. Breite	Pflanze I. Länge	Pflanze II. Breite	Pflanze II. Länge	Mittlere 4stünd. Lufttemper. °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
20. Mai	2 fr.	—	0,6	—	—	18,0		
	6 „	—	0,7	—	—	17,7		
	10 „	2,1	1,6	0,5	0,6	16,8	hell	
	2 N.	1,7	1,1	0,4	0,2	16,8		
	6 „	1,0	1,2	0,3	0,4	17,5	fast hell	begossen.
	10 „	0,9	0,6	0,8	0,6	17,6		
21. „	2 fr.	0,3	0,3	0,4	0,2	17,5		
	6 „	0,4	0,3	0,5	0,3	17,4	fast hell	
	10 „	1,7	1,0	0,9	0,9	17,7		
	2 N.	1,9	1,4	0,7	0,6	18,7	hell	
	6 „	1,6	1,3	1,2	0,9	19,2		begossen.
	10 „	0,7	0,2	0,8	0,3	19,3		
22. „	2 fr.	0,8	0,4	1,0	0,3	19,1		
	6 „	0,8	0,5	1,0	0,4	18,9		Pflanze II. begoss.
	10 „	1,9	1,4	1,1	1,3	19,2	ganz hell	
	2 N.	1,4	1,0	0,6	0,6	20,0		
	6 „	1,5	0,9	0,6	0,8	20,5		um 8 U. N. d. Pfl. auf den Tisch an der Hinterwand des Zimmers gestellt.
	10 „	0,5	0,5	0,4	0,4	21,2		
23. „	2 fr.	0,5	0,2	0,5	0,4	20,9		um 4 Uhr früh die Pfl. wieder an's Fenster gestellt.
	6 „	1,2	0,9	0,5	0,7	20,6	fast hell	
	10 „	1,3	1,3	1,2	1,0	20,8		
	2 N.	1,9	1,1	2,2	0,6	21,4	hell	
	6 „	1,0	0,7	1,1	0,8	21,7		
	10 „	0,7	0,2	0,1	0,5	21,7		begossen; um 8 U. auf den hintern Tisch gestellt.
24. „	2 fr.	0,3	0	0	0,2	21,4		
	6 „	1,0	0,2	0,7	0,2	21,2		um 4 Uhr d. Pflanz. an's Fenster gestellt.
	10 „	1,0	1,4	0,9	0.9	21,0	hell	
	2 N.	1,0	0,7	0,8	0,6	21,0		
	6 „	0,9	0,6	0,6	0,4	20,9		
	10 „	0,9	0,2	0,6	0,4	20,4		Die Pflanzen um 9 U. auf den hint. Tisch gestellt.
25. „	2 fr.	0,8	0,5	0,4	0,1	21,2		
	6 „	0,9	0,6	0,5	0,1	21,2	hell	Die Pflanzen um 4 Uhr früh an's Fenster gestellt.
	10 „	1,3	1,0	0,9	0,3	20,6		
	2 N.	0,4	0,9	0,4	0,2	20,5	fast hell	

Tag.	Stunde	Viertes Blatt.				Mittlere 4stünd. Lufttemper.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
		Pflanze I.		Pflanze II.				
		Breite	Länge	Breite	Länge	°C.		
25. Mai	2 fr.	1,0	0,6	0,8	0,2	21,2		
	6 „	1,3	0,7	0,8	0,3	21,2	hell	Die Pflanzen um 4 U. an's Fenster gestellt.
	10 „	2,2	1,5	1,1	1,0	20,6		
	2 N.	1,6	1,1	0,6	0,3	20,5	fast hell	
	6 „	1,6	1,2	0,9	0,7	21,0	fast trübe	
	10 „	0,6	0,2	0,5	0,4	20,7		D. Pflanz. um 8 Uhr N. auf d. hintern Tisch gestellt.
26. „	2 fr.	0,4	0,4	0,2	0,3	20,8		
	6 „	1,0	0,5	0,3	0,3	20,8	hell	um 3 Uhr früh wieder an's Fenster. begossen.
	10 „	1,7	1,4	0,5	0,5	20,0		
	2 N.	0,7	0,6	1,0	0,9	19,9	fast hell	
	6 „	0,6	0,4	0,4	0,2	19,9	hell	
	10 „	1,0	0,3	0,2	0,3	19,2		um 10 Uhr N. auf den hintern Tisch gestellt.
27. „	2 fr.	0,4	0,4	0,4	0,2	19,4		
	6 „	0,8	0,9	0,7	0,4	19,1		um 4 Uhr früh wieder an's Fenster. begossen.
	10 „	1,5	0,7	0,5	0,5	18,1	trübe	
	2 N.	0,8	0,8	0,8	0,4	18,0		
	6 „	0,3	0,1	0,1	0,2	17,8		
	10 „	0,7	0,4	0,4	0,5	17,1		auf den hint. Tisch gestellt, um 10 Uhr N.
28. „	2 fr.	0,7	0,5	0,7	0,4	17,5		
	6 „	0,8	0,5	0,7	0,5	17,4	trübe	um 4 Uhr an das Fenster.
	10 „	0,9	0,5	0,7	0,5	16,9	fast trübe	
	2 N.	0,5	0,5	0,4	0,5	17,2	fast hell	

10.

Secale cereale.

Tägliche Perioden des ersten Blattes von fünf grünen Pflanzen im Lichte und von fünf etiolirten im Dunkeln, bei geringen Temperaturschwankungen.

In 2 grosse Töpfe wurden den 18. Mai je 20 Samenkörner ausgesäet; die einen wurden nun im Dunkeln unter dem Blechrecipienten keimen gelassen, die andern unter der Glasglocke. Beide standen während des Tages auf einem Tisch an einem Nordfenster, des Nachts aber auf einem Tisch an der Hinterwand des Zimmers. Von den 40 Pflanzen wurden nach beendigter Keimung je 5 die ähnlichsten herausgesucht, die andern wurden ausgerissen. Mit dem Hervortreten des ersten Blattes aus dem Scheidenblatt wurde angefangen zu messen. — In dem Tubus der Glasglocke sowohl, als wie auch in dem Tubus des Blechrecipienten war je ein Thermometer befestigt (vermittelst eines durchbohrten Korkes). Von einem Dutzend geprüfter Thermometer wurden dazu die zwei am genauesten miteinander übereinstimmenden verwendet. Die Verschiedenheiten der gleichzeitig beobachteten Temperaturen unter der Glasglocke und dem Blechrecipienten können also nicht auf Fehler der Thermometer zurückgeführt werden, sondern sind vielmehr auf die verschiedene Wärmeleitungsfähigkeit des Bleches und des Glases, aber auch z. Th. auf die verschiedene Strahlung der Pflanzen selbst und auch der Erde unter Blechrecipient und Glasglocke zurückzuführen. — Zur bessern Verdunkelung wurde über den Blechrecipienten, unter welchem die etiolirten Pflanzen standen, noch ein Pappcylinder gestülpt.

Zuwachse der grünen Pflanzen im Lichte.

Tag.	Stunde	Pflanze 1.	Pflanze 2.	Pflanze 3.	Pflanze 4.	Pflanze 5.	Mittlere 4stünd. Lufttemper. °C.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
22. Mai	6 N.	2,9	2,0	2,3	1,9	2,4	20,5	hell	begossen. um 8 U. d. Rouleaux herabgelassen; die Pfl. auf den Hintertisch gestellt.
	10 „	3,0	2,3	3,2	3,3	2,5	21,1		
23. „	2 fr.	1,9	2,6	1,6	2,8	2,6	20,9		d. Petroleumappar. brannte von 2 U. fr. bis 6 U. fr.
	6 „	2,4	2,9	3,0	3,0	3,1	20,7	fast hell	Pflanzen um 4 Uhr wieder an's Fenster gestellt.
	10 „	4,1	3,5	3,3	4,3	4,2	20,7		
	2 N.	4,3	4,3	3,6	4,2	5,0	21,3	hell	
	6 „	5,2	5,1	4,7	5,1	5,0	21,8		
	10 „	4,4	5,0	3,9	4,6	5,0	21,4		um 8 Uhr N. die Rouleaux herabgelassen.
24. „	2 fr.	4,0	4,1	4,1	4,1	3,9	21,5		von 2–6 U. fr. brannte der Petroleumapparat.
	6 „	4,5	4,0	4,6	4,3	4,8	21,1		um 4 U. fr. an's Fenster gestellt. Rouleaux aufgezog.
	10 „	4,7	5,6	4,9	5,7	6,1	20,9		
	2 N.	5,9	6,6	6,3	6,2	8,1	20,9	hell	
	6 „	4,7	5;0	4,6	4,1	6,1	20,8		begossen — um 9 Uhr auf d. hintern Tisch gestellt. Rouleaux herabgelassen.
	10 „	4,9	4,1	3,6	3,5	4,4	20,3		
25. „	2 fr.	3,8	4,7	4,2	3,4	3,7	21,0		d. Petroleumappar. brannte von 10 N. bis 4 Uhr fr.
	6 „	3,8	4,7	4,2	3,4	3,7	20,9		um 4 U. fr. d. Pflanz. wieder an's Fenster gestellt.
	10 „	3,7	3,8	3,6	1,8	3,2(S)	20,5	hell	S = Beginn der Scheide.
	2 N.	5,8	5,6(S)	4,4(S)	2,2	5,0	20,5	fast hell	
	6 „	4,2	3,5	3,2	1,8(S)	2,7	20,9	fast trübe	
	10 „	3,8(S)	2,5	2,1	1,5	1,8	20,7		8 U. N. auf den Hintertisch.
26. „	2 fr.	2,6	0,9	1,1	1,1	1,1	21,0		begossen.
	6 „	1,7	0,4	1,0	0,4	0,4	20,6	hell	um 3 U. früh an's Fenster gestellt.
	10 „	0,8	0,4	0,5	—	0,6	19,9		

Zuwachse der etiolirten Pflanzen im Dunkeln.

Tag.	Stunde	Pflanze 1.	Pflanze 2.	Pflanze 3.	Pflanze 4.	Pflanze 5.	Mittlere 4stünd. Luft-temper. °C.	Bemerkungen.
22. Mai	6 N.	—	—	—	—	—	20,5	begossen. — Die bei den grünen Pflanzen angeführten Bemerkungen gelten auch hier.
	10 „	2,6	1,0	—	1,0	2,4	20,7	
23. „	2 fr.	4,1	4,2	3,7	3,2	4,2	20,7	
	6 „	3,6	3,9	2,7	4,1	2,3	20,6	
	10 „	4,8	4,3	3,2	4,3	3,2	20,5	
	2 N.	5,2	6,3	4,6	5,1	3,9	20,8	
	6 „	6,9	8,9	6,3	8,2	7,4	21,2	
	10 „	5,6	6,4	5,0	5,9	5,9	21,1	
24. „	2 fr.	3,8	5,6	3,6	4,9	4,5	21,0	
	6 „	4,2	6,2	4,3	5,2	3,5	21,0	
	10 „	5,1	6,2	5,1	5,2	4,6	20,8	
	2 N.	9,7	9,4	7,6	7,5	7,6	20,7	
	6 „	9,2	8,7	6,0	6,6	7,5	20,6	begossen.
	10 „	8,2	9,3	4,9	6,2	6,7	20,7	
25. „	2 fr.	{3,1	{7,0	{4,1	{4,8	{5,4	20,7	
	6 „	{3,0	{7,0	{4,1	{4,8	{5,3	20,6	
	10 „	2,7	6,1 (S)	5,1	4,9	5,3	20,6	
	2 N.	6,3	8,0	7,2	9,0 (S)	9,1 (S)	20,5	
	6 „	4,7 (S)	7,1	6,6	8,4	6,3	20,5	
	10 „	4,4	5,4	6,1 (S)	7,7	6,1	20,5	
26. „	2 fr.	1,3	3,2	3,0	2,8	3,6	20,6	begossen.
	6 „	—	—	3,5	2,1	—	20,6	
	10 „	—	—	0,4	—	—	20,6	

11.

Secale cereale.

Vier grüne Pflanzen im Licht und vier etiolirte im Dunkeln; Einfluss starker Temperaturschwankungen auf die tägliche Periode.

In 2 Töpfe wurden am 18. Mai je 10 Samen ausgesäet, wovon die einen im Dunkeln unter einem Blechrecipienten, die andern aber unter einer Glasglocke im Licht keimten. Beide Töpfe standen unter dieser Bedeckung, während des Tages auf einem Tisch an einem Nordfenster, des Nachts auf einem Tisch an der Hinterwand des Zimmers. Den 22. Mai, als die Samen alle aufgegangen waren, wurden in jedem Topf die vier gleichförmigsten und kräftigsten ausgesucht, die übrigen aber ausgerissen. An jenen 8 ausgesuchten Pflanzen begann die Beobachtung mit dem Heraustreten des ersten Blattes aus dem Scheidenblatte. — Des Nachts über wurden nun beide Töpfe zusammen unter den Blechrecipienten gestellt, um so viel als möglich doch während der Nacht übereinstimmende Temperaturen zu haben; des andern Morgens jedoch nahmen die grünen Pflanzen wieder ihren Platz unter der Glasglocke ein. Die aufgezeichneten Temperaturen der Luft über Tag geben den Wärmegrad der äusseren (Zimmer-) Luft an, die Nachttemperaturen sind Aufzeichnungen von einem Thermometer, der sich im Blechrecipienten befand. Die Temperaturen gelten somit sowohl für die grünen, als auch für die etiolirten Pflanzen. Messung mit dem Massstab.

Zuwachse der grünen Pflanzen im Lichte in Millimeter.

Tag.	Stunde	Pflanze 1.	Pflanze 2.	Pflanze 3.	Pflanze 4.	Beleuchtung.	Bemerkungen.
23. Mai	2 fr.	—	—	2,2	3,4		Diese Bemerkungen gelten auch für die etiolirten Pflanzen.
	6 „	1,0	2,0	2,2	2,2	fast hell	
	10 „	1,2	2,1	1,8	2,7	hell	
	2 N.	1,2	2,4	1,9	1,9	„	
	6 „	2,9	2,3	3,1	3,1	„	
	10 „	2,3	2,0	2,6	3,3		
24. „	2 fr.	2,3	1,4	1,9	2,6		
	6 „	3,2	2,1	2,3	2,7	hell	
	10 „	2,4	2,1	2,1	2,6	„	begossen.
	2 N.	4,9	3,9	3,6	5,1	„	Temperaturmaximum 28 ⁰C.
	6 „	4,7	4,6	3,2	5,2	„	
	10 „	5,0	4,7	3,3	5,6		
25. „	2 fr.	5,3	3,7	2,5	4,1		Temperaturmaximum 24,5 ⁰C.
	6 „	5,3	3,7	2,5	4,1	hell	
	10 „	3,6	3,0	2,7	3,2	„	
	2 N.	6,0	4,6	4,1	5,5	fast hell	
	6 „	4,3 S	3,7	3,1	4,4	fast trübe	
	10 „	4,9	4,4 (S)	2,6 (S)	4,3		
26. „	2 fr.	5,0	3,7	3,0	3,6 (S)		Temperaturmaximum 28,2 ⁰C.
	6 „	3,2	2,4	0,7	2,8	hell	
	10 „	1,5	2,2	0,7	0,8	„	

Zuwachse der etiolirten Pflanzen im Dunkeln in Millimeter.

Tag.	Stunde	Pflanze 1.	Pflanze 2.	Pflanze 3.	Pflanze 4.	Mittlere 4stündige Luft-temperatur °C.	Bemerkungen.
23. Mai	2 fr.	—	—	—	—	20,9	Diese Bemerkungen gelten auch für die grünen Pflanzen.
	6 „	—	—	—	—	20,7	
	10 „	—	—	—	—	20,7	
	2 N.	—	—	—	0,8	21,3	
	6 „	1,0	2,2	2,5	4,2	21,8	
	10 „	5,8	3,7	3,2	6,3	21,4	
24. „	2 fr.	5,2	4,1	4,7	5,3	21,5	
	6 „	4,9	4,2	6,2	6,4	21,1	
	10 „	4,7	4,3	6,1	6,8	20,9	von 10—2 am Westfenster im diffusen Licht, die Sonne scheint auf das Rouleaux.
	2 N.	7,4	7,4	7,5	11,2	27,0	
	6 „	6,4	7,4	7,8	9,1	20,8	
	10 „	5,7	5,7	6,5	7,5	20,3	
25. „	2 fr.	4,7	4,4	5,3	6,7	23,2	von 10 N. bis 6 fr. standen die Pflanzen unter dem Blechrecip. dicht neben dem brennenden Petroleumkochapparat.
	6 „	4,7	4,4	5,3	6,7	24,0	
	10 „	5,2	5,5	6,4	6,5	20,5	
	2 N.	7,9	7,6	9,8	10,9	20,5	
	6 „	6,7	6,0	9,4	8,0	20,9	
	10 „	7,3	7,1	10,1(s)	7,4(s)	20,7	
26. „	2 fr.	6,7(s)	6,2(s)	7,6	4,6	27,0	von 10 N. bis 6 fr. standen die Pflanzen unter dem Recipienten dicht neben dem brennenden Petroleumkochapparat.
	6 „	2,4	5,2	2,1	1,9	27,6	
	10 „	—	—	—	—	19,9	

III. Das basipetale Wachsthum der linearen monocotylen Blätter (Allium cepa).

Tabelle 1. 2A. und 2B.

Münter[12]) welcher die monocotylen Blätter in Bezug auf den Wachsthumsvorgang untersuchte, berichtet über seine Messungen Folgendes: „Die Messungen von Blättern monocotyler Pflanzen (Crocus, Hyacinthus) ergaben das Resultat, dass zwar anfangs in allen Theilen des Blattes zugleich Ausdehnung in der Richtung der Länge bemerkbar sei, dass jedoch später die Spitze des Blattes zuerst zu wachsen aufhöre und am kürzesten bleibe, während die andern weiter vegetirten, und das Aufhören centripetal statt finde.“[13]) Seine Zahlen[14]) sind aber wenig illustrirend „weil ihm der in der Zwiebel befindliche Theil des Blattes nicht zugänglich gewesen ist.“ (Münter.)

Durch eine Operation, wie oben angeführt, wurde mir das Blatt schon von seinem jüngsten Stadium an zugänglich gemacht, so dass das Blatt vom Beginn bis zum Schlusse seiner Entwicklung ungehindert beobachtet werden konnte.

Tabelle 1 demonstrirt das gegenseitige Wachsthumsverhältniss der einzelnen Zonen. Jede einzelne Zone (2,5 Mm. lang) lässt ziemlich unabhängig von den andern eine grosse Periode erkennen. Bei den Einen ist sie aber eher zurückgelegt, als bei den Andern; am frühesten bei der (obersten) Zone IX, länger dauert sie schon bei

[12]) J. Münter. Observationes phytophysiologicae. Linnaea 1841. pag. 209. — Beobachtungen über das Wachsthum verschiedener Pflanzentheile. Botanische Zeitung 1. Bd. 1843 pag. 69.

[13]) Münter, bot. Zeitg. 1843 pag. 89.

[14]) Münter, Linnaea pag. 235 1841.

den drei zunächst unter dieser liegenden Zonen, am längsten an der Basis der Lamina: Das Aufhören findet basipetal statt.

Die eingerahmten Zahlen lassen die Maxima der grossen Periode bei den verschiedenen Zonen erkennen. Dieselben treten bei den verschiedenen Zonen verschieden früh auf, bei Zone VIII in einer Zeit, wo sich die unteren Zonen noch in der aufsteigenden Phase der grossen Periode befinden; noch später treten sie in den beiden untersten Zonen auf, während die darüber liegenden schon den absteigenden Schenkel der grossen Curve beschreiben: Das Maximum schreitet basipetal vorwärts.

Aus der Summe der grossen Perioden der einzelnen Zonen setzt sich die grosse Periode des ganzen Blattes zusammen.

Ein der Lamina ganz entgegengesetztes Verhalten zeigt die Scheide, welche in ihrem Wachsthum mit dem von Münter und Sachs untersuchten basifugalen Wachsthum der Internodien übereinstimmt.

Tab. 2 A. gibt die Zonenlängen eines Blattes von einer im Glashaus gewachsenen Pflanze an; Tab. 2 B. die daraus nach der Differenzmethode berechneten Zuwachse. Der relativ grösste Partialzuwachs befindet sich zuerst in Zone II b., rückt aber nach und nach in die untere Zone II a.: Das Wachsthum ist ein „basipetales".

Münter schon lieferte den zahlenmässigen Beweis des basipetalen Wachsthums des Blattes von Arum und Calla[15]) und sagt von diesen: „die Acme oder die absolut grösste Länge befindet sich an verschiedenen Tagen an anderer Stelle, beim Blattstiel von unten nach oben fortschreitend zur Spitze, bei der Mittelrippe von der Spitze nach der Basis." Der angeführten Gründe wegen hat er dies bei Hyacinthus und Crocus nicht erkennen können, welches nun die von mir ermittelten und in Tab. 2 B. mitgetheilten Zahlen beweisen mögen.

---

[15]) Botan. Zeitung, Bd. I. 1843 pag. 89—93.

IV. Der Verlauf der grossen Periode im Licht und im Dunkeln.

Tabelle 3, 4a und 4b und Curve I.

Schon in Tabelle 1 lässt sich die grosse Periode als Summe aller Partialzuwachse deutlich erkennen. Auf Tabelle 3 und Curve I ist der Verlauf derselben bei zwei grünen consecutiven Blättern von Secale im Licht bei ziemlich stark schwankender Temperatur zu beobachten. Einem Sinken der Temperatur entspricht in der Regel auch ein Sinken der Zuwachscurve. Der Einfluss einer bestimmten Temperaturänderung auf das Wachsthum ist in den verschiedenen Phasen der grossen Periode ein verschiedener: am meisten alterirt eine bestimmte Temperaturschwankung das Wachsthum zur Zeit des Maximums, während Temperaturschwankungen, nach auf- oder nach abwärts, im absteigenden Schenkel der grossen Curve sich kaum bemerkbar machen. Es ist dies eine Thatsache, die schon von Sachs, Köppen, Pedersen u. A. erkannt, und auch gewürdigt wurde, in diesen Zahlen auch bei dem Blatte von Secale ihre Bestätigung findet. Die grosse Periode verläuft somit von der Lufttemperatur ziemlich unabhängig.

Tabelle 4a. zeigt, dass die grosse Periode am etiolirten Blatt von Secale im Dunkeln weit schneller vorübergeht, als im Licht; das Blatt der grünen Pflanze im Licht braucht 8⅓ Tage, das etiolirte legt sie im Dunkeln aber schon in 6½ Tagen zurück und dennoch erreicht das letztere in den 6½ Tagen eine Länge von 110 Mm., während die grünen Blätter im Licht in 8⅓ Tagen nur 83 Mm. Länge erreichen. Der durchschnittliche tägliche Zuwachs ist bei den etiolirten Blättern beinahe doppelt so gross, 17 Mm., als bei den grünen, bei welchen er nur 10 Mm. beträgt.

Nicht mehr so günstig für die etiolirten Pflanzen stellt sich das Wachsthum beim zweiten Blatt (Tabelle 4b.), weil die im Samen aufgespeicherte Nahrung schon zum grössten Theil durch das erste Blatt aufgezehrt und nun das zweite auf „Schmalkost“ gesetzt ist, währenddem das zweite grüne, im Licht wachsende Blatt immer fröhlicher weiter wächst, weil dasselbe durch die assimilirende Thätigkeit für Nahrung sorgt. Die Dauer der grossen Periode ist in beiden Fällen, bei den grünen und etiolirten Blättern, nahezu gleich, aber dennoch erreichen die etiolirten Blätter eine um ein Viertel grössere Länge, der tägliche Zuwachs ist demnach bei denselben auch ein grösserer.

Es verhält sich:

1. Die Dauer der grossen Periode
   a) beim ersten Blatt; grün : etiolirt = 1 : 0,78.
   b) beim zweiten Blatt; grün : etiolirt = 1 : 0,95.
2. Die Länge
   a) des ersten Blattes; grün : etiolirt = 1 : 1,33.
   b) des zweiten Blattes; grün : etiolirt = 1 : 1,23.
3. Der tägliche Zuwachs
   a) beim ersten Blatt; grün : etiolirt = 1 : 1,70.
   b) beim zweiten Batt; grün : etiolirt = 1 : 1,29.

Ein drittes Blatt entwickelte sich bei den etiolirten Pflanzen nicht, d. h. es war in der Anlage vorhanden, aber in seinem Wachsthum tief in der Scheide der beiden andern Blätter stillstehend, denn die im Samen niedergelegte Reservenahrung war sämmtlich verbraucht. Uebrigens ist schon aus der Form des absteigenden Schenkels der grossen Curve des zweiten Blattes auf ein Ausgehen der Reservenahrung zu schliessen. Während derselbe bei dem ersten Blatte steil abfallend ist, verläuft er bei dem zweiten erst allmälig nach abwärts.

Die Breite der etiolirten Blätter, im Vergleich zu den grünen im Licht erwachsenen, trat sehr zurück, besonders aber beim zweiten Blatt. — Die Spitzen der etiolirten Blätter gingen schon zu Grunde, trotzdem sie an ihrer Basis noch lange fortwuchsen. Nur in Bezug auf das Längenwachsthum darf man demnach, von der Voraussetzung ausgehend, dass Baustoffe vorhanden sind, den Schluss ziehen, dass das Blatt von Secale cereale in

der Dunkelheit in kürzerer Zeit eine grössere Länge als ein unter denselben Verhältnissen, aber im Licht wachsendes grünes Blatt erreicht. Aus den in Tab. 4 angegebenen Zahlen darf man aber keineswegs folgern, dass die Dunkelheit das Wachsthum beschleunige, denn zur Erklärung des grösseren Wachsthums im Dunkeln würde die Thatsache des retardirenden Einflusses des Lichtes auch allein genügen. Dem thatsächlichen Verhältniss ist man wohl am nahesten, wenn man sagt, dass sich die Dunkelheit als solche zum Wachsthum ganz passiv verhält, dass der Unterschied des Wachsthums im Licht und im Dunkeln nur Folge der sogenannten retardirenden Wirkung des Lichtes ist. Es ist deshalb absolut incorrect wenn man von einer wachsthumsbefördernden „Wirkung“ der Dunkelheit spricht.

V. Das tägliche periodische Wachsthum grüner Blätter im Licht und etiolirter Blätter im Dunkeln.

Tabelle 5—11 und Curven II.—VI.

Von den vielen Beobachtungsreihen werden hier nur jene Messungen ausgewählt, welche unter dem Einfluss möglichst constanter Temperaturen gemacht worden sind; Messungen mit allzu variabeln und unregelmässig wechselnden Lufttemperaturen hier mitzutheilen, würden der Sache nichts nützen, sondern nur Verwirrung hervorbringen. Ebenso hat es keinen Zweck, alle den mitgetheilten Zahlenreihen entsprechenden Curven beizulegen, weil alle andern nur das bestätigen, was die wenigen hier beigegebenen zeigen. Ich überlasse es dem Leser, sich dieselben nach den in den Tabellen angegebenen Zahlen selbst zu construiren. — Die Curven wurden alle nach den aus der directen Beobachtung hervorgegangenen Zuwachsen construirt, ohne an denselben durch Formeln oder Umrechnungen zu modeln. Diese Zuwachse wurden immer auf die Mitte desjenigen Zeitraumes aufgetragen, innerhalb welchem diese erreicht wurden. Ebenso die Temperatur. Die graphische Darstellung geschah in der bekannten, von den neueren Forschern auf diesem Gebiete angewendeten Art und Weise.

Tabelle 5a. soll die bei der Messung der Gramineenblätter angewendete Methode demonstriren, worüber schon früher das Nöthige gesagt wurde. Aus Tabelle 5a. bis c. ist ebenfalls die Aufeinanderfolge des Wachsthums consecutiver, aber schon aus der Scheide ge-

tretener Blätter ersichtlich, wie übrigens schon aus Tabelle 3 und 4 hervorgeht. Auch hierüber wurde schon früher referirt.

Tabelle 5 und besonders deutlich Curve II., III. und IV. lassen die tägliche Wachsthumsperiode an grünen Blättern im Lichte von Secale cereale erkennen. Das Maximum des Wachsthums fällt ausnahmslos in den Tag, in die Zeit der grössten Lichtintensität, das Minimum in die Nacht, auch wenn die Temperatur um diese Zeit etwas höher ist als des Tages. Dieselbe Periodicität wiederholt sich täglich und ohne Ausnahme auch bei Triticum vulgare in Tabelle 6, ebenso bei dem ganz freigelegten Blatt von Allium cepa in Tabelle 7 und 8 und Curve V.; auch hier fällt das grösste Wachsthum immer in die Zeit der grössten Lichtintensität und das geringste in die Nacht, kurz vor Tagesanbruch.

Zur Prüfung der Untersuchungen von Prantl und zur Feststellung der Lage des Minimus wurden auch Messungen am Blatt von Cucurbita Pepo var. melanosperma vorgenommen, welche in Tabelle 9 mitgetheilt werden. Mit Prantl übereinstimmend fand ich das Maximum der täglichen Periode immer mehrere Stunden nach Tagesanbruch, um 10 Uhr früh oder um 2 Uhr N. Die Pflanzen erhielten das Tageslicht schon vor 4 Uhr fr. Obschon die Temperatur des Nachts künstlich erhöht wurde, liegt das Minimum dennoch in der Nacht, um 2 Uhr fr. Vom 23. auf den 24. Mai tritt von 10 bis 2 Uhr sogar ein Stillstand im Wachsthum ein, welches zur Genüge beweist, dass das Minimum in der Nacht liegt. Was Prantl aus seinen Beobachtungen nicht folgern kann, weil er dieselben bei allzu stark schwankenden Temperaturen machte, und weil er auch nur zwei Mal des Morgens um 3 Uhr früh gemessen hat, dass das Minimum in der Nacht kurz vor Tagesanbruch liegt, das geht aus meinen Zahlen in Tabelle 9 auf das Evidentste hervor.

Tabelle 10 und Curve VI. zeigen den Verlauf des täglichen Wachsthums des ersten Blattes von 5 grünen Pflanzen von Secale cereale im Licht und von 5 etiolirten im Dunkeln. Es wird hier die interressante Beobachtung gemacht, dass die tägliche Periode mit einer prägnanten Deutlichkeit, wie sie bei den grünen Pflanzen nicht beobachtet werden kann, auch bei den etiolirten Pflanzen und im Dunkeln (unter einer

doppelten Umhüllung) vorhanden ist. Das Wachsthum steigt vom Morgen bis zum Mittag und fällt von da an bis zum folgenden Morgen, so dass das grösste Wachsthum in die Mittagsstunden und das geringste in die Mitternachtsstunden fällt. Die Ursache kann nicht in den äussern Einflüssen (Temperatur) liegen, denn diese sind oft (in Tab. 11 vom 24. auf den 25. Mai) für das Wachsthum zur Zeit des Minimums am günstigsten und zur Zeit des Maximums am ungünstigsten.

VI. Ursachen der täglichen Wachsthumsperiode.

Eine tägliche Periodicität des Wachsthums kann nur dadurch hervorgerufen werden, dass zu einer Zeit des Tages die Verhältnisse für das Wachsthum günstigere sind, als zu einer andern; denn wären sie zu allen Zeiten des Tages (24 Stunden) gleich günstig, so müsste das Wachsthum ganz gleichmässig verlaufen. Die oben mitgetheilten Beobachtungen an Blättern von Gramineen und Allium cepa zeigen aber, dass das Maximum wie das Minimum des Wachsthums in bestimmte Tageszeiten fallen, dass zur Zeit der grössten Lichtintensität auch das grösste Wachsthum stattfindet; mithin müssen zu dieser Zeit die Bedingungen des Wachsthums am günstigsten sein, währenddem zur Zeit des Minimums, in der Nacht, am ungünstigsten. Es kommt aber darauf an, zu untersuchen, warum die Bedingungen des Wachsthums zur Zeit der grössten Lichtintensität am günstigsten sind. Die Ursache kann nur in einer Einwirkung des Lichtes selbst liegen, denn alle äusseren Einflüsse mit Ausnahme des Lichtes wirkten bei meinen Untersuchungen des Nachts in eben derselben Kraft und Grösse, wie des Tages. Alle äusseren Einflüsse waren constant, nur das Licht variirte. — Diese das Wachsthum befördernde Wirkung des Lichtes kann aber nicht anders erklärt werden als durch die Assimilation; sie ist es, welche die tägliche Periodicität des Wachsthums bei den Blättern von den Gramineen und von Allium cepa hervorruft. Bei der Assimilation werden Bau-

stoffe gebildet, die sofort zur Erhöhung des Wachsthums beitragen[16]), wie aus Tabelle 5a. bis c. und Curve IV. hervorgeht:

Acht grüne Pflanzen wurden am 30. April Abends 8 Uhr verdunkelt und 34 Stunden lang unter der Verdunkelung beobachtet. Infolge des durch die Athmung der Pflanzen veranlassten allmäligen „Verbrennens“ nahm der Zuwachs stets ab. Nach 34 Stunden, als die 4stündigen Zuwachse nahezu auf Null herabgesunken waren, wurden die Pflanzen um 6 Uhr Morgens dem Licht ausgesetzt und das Wachsthum von 2 zu 2 Stunden gemessen. Trotz der sinkenden Temperatur erreichte das Wachsthum schon in den ersten zwei Stunden beinahe das Doppelte des in derselben Zeit erreichten Zuwachses, als die Pflanzen noch verdunkelt waren. In dem zweiten zweistündigen Zeitraum überstieg der Zuwachs derjenigen Pflanzen, die durch die lange Verdunkelung nicht gelitten hatten, das Wachsthum eines ebenso grossen Zeitraumes in der Zeit kurz vor der Erhellung beinahe um das Vierfache. Aus dieser Thatsache darf mit entschiedener Sicherheit geschlossen werden, dass das Wachsthum sofort mit Beginn der Assimilation beschleunigt wird. Dass man zu diesem Schlusse berechtigt ist, zeigen auch alle oben angeführten und die tägliche Periode darstellende Tabellen. Wurde um 2, 6 und 10 Uhr, also 4stündig gemessen, so ist das Minimum um 2 Uhr früh zu beobachten gewesen. Da der Tagesanfang zwischen 2 und 6 Uhr früh liegt, so muss, wenn der aufgestellte Satz richtig ist, der Zuwachs von 2 bis 6 Uhr früh ein grösserer sein, als der um 2 Uhr früh ermittelte. Wirklich findet man nun auch den Zuwachs um 6 Uhr früh immer grösser, als um 2 Uhr früh. (Es können natürlicherweise nur solche Beobachtungen gelten, wo um 2 Uhr früh die Beobachtung wirklich stattgefunden hat.) Für den aufgestellten Satz spricht ferner die schon oben mitgetheilte Beobachtung, dass mit dem Steigen der Lichtintensität das Wachsthum steigt und mit der Abnahme derselben fällt, ferner dass das Maximum des Wachsthums gerade mit dem Maximum der Lichtintensität zusammenfällt. Damit stimmen ferner alle über die Stärkebildung im Chlorophyll gemachten Untersuchungen. Famintzin[17]) stellte fest, dass die Stärkebildung bei

---

[16]) Wahrscheinlich bevor noch Stärke microchemisch etc. in den Chlorophyllkörnern nachzuweisen ist.

[17]) Famintzin, Wirkung des Lichts auf Spirogyra. Melanges biologiques.

Spirogyra schon in 30 Minuten eingeleitet wird. Kraus[18]) fand im directen Sonnenlicht bei Spirogyra schon nach 5 Minuten, im diffusen Licht schon nach 2 Stunden nachweisbare Stärkemengen. Bei Funaria bildeten sich im directen Sonnenlicht in 2 Stunden, im diffusen Licht in 6 Stunden nachweisbare Stärkemengen. Aehnliches fand er bei den Blättern von Elodea, Lepidium und Betula. Mit diesen von Kraus und Famintzin gewonnenen Resultaten sind auch meine eigenen im Sommer 1874 im hiesigen pflanzenphysiologischen Laboratorium gemachten Untersuchungen übereinstimmend. „Aus den Untersuchungen Godlewski's[19]) darf man schliessen, dass die zu irgend einer Zeit im Chlorophyll enthaltene Stärke nur der noch nicht aufgelöste Ueberschuss der ganzen durch die Assimilation gewonnenen Stärke ist" (Sachs). Daraus lässt sich weiter folgern, dass das Wachsthum durch die Assimilation schon beschleunigt werden kann, bevor noch Stärke im Chlorophyll nachzuweisen ist — ein Schluss, der schon oben, aber aus andern Thatsachen gezogen ist, — denn die von Kraus im diffusen Licht von 6 Stunden nachgewiesene Stärke ist nur ein Theil der durch die Assimilation gewonnenen Verbindungen, der grössere Theil ist aber längst zum Wachsthum verwendet. Somit ist der Schluss, dass die Assimilation das Wachsthum sofort zu beschleunigen im Stande ist, vollkommen richtig.

Wenn ich nur die Gramineenblätter untersucht hätte und zu dem erwähnten Resultat, dass es die Assimilation sei, welche die tägliche Periodicität des Wachsthums hervorrufe, gekommen wäre, so könnte man mir mit einigem Rechte einwenden, dass dies wohl bei den in Scheiden eingeschlossenen Blättern, welche letzteren die eigentlich retardirenden Strahlen nicht zu dem wachsenden Theil des Blattes hindurchlassen, nicht aber bei solchen, die frei sind, richtig sei. Sachs[20]) hat nämlich mit dem sogenannten Diaphanoscop nachge-

---

Petersbourg 1865, Dezember T. V. und 1867 pag. 277. Ebenso Sachs, botan. Zeitung 1864 pag. 289.

[18]) Kraus, in den Jahrbüchern für wissenschaftl. Botanik von Pringsheim Bd. VII. pag. 511.

[19]) Dr. Emil Godlewski, Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung der Blätter von dem Kohlensäuregehalt der Luft in den Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg. Heft III. pag. 343.

[20]) Sachs, Handbuch d. Experimentalphysiologie d. Pflanzen. Leipzig 1865

wiesen, dass schon durch 3 Kirschblätter hindurch keine blauen Strahlen mehr durchgehen (durchgegangenes Licht: hell, intensivgrün). Weil nun vorzugsweise nur die blauen Strahlen[21]) die eigentlich retardirenden sind[22]), so wäre es leicht erklärlich, dass bei den Gramineenblättern das Maximum des Zuwachses mit dem Maximum der Assimilation zusammenfalle, denn der wachsende Theil des Gramineenblattes ist von 4 bis 6 grünen Scheiden eingeschlossen, welche die blauen (retardirenden) Strahlen absorbiren.

Mit seinem sogenannten analysirenden Spectroscop fand aber Sachs, dass durch ziemlich mächtige Blattschichten noch Strahlengattungen des stärker brechbareren Theils des Spectrums hindurchgehen[23]). Dass dieses auch bei den Gramineen der Fall ist, geht z. Th. schon aus den starken positiv heliotropischen Krümmungen hervor, welche das einseitige Licht bei ihnen hervorruft. Weil vorzugsweise nur die blauen[24]) Strahlen es sind, welche den positiven Heliotropismus hervorrufen, so lässt sich z. Th. auch schon daraus schliessen, dass auch durch die Scheiden der Gramineen noch Strahlengattungen des stärker brechbareren Theils des Spectrums zu dem wachsenden Theil des Blattes gelangen. Somit wäre kein Grund vorhanden anzunehmen, dass die Gramineenblätter eine Ausnahme von den andern linearen monocotylen, aber freien Blättern machen sollten.

Die microspectralanalytische Untersuchung mit einem Browning-Sorby'schen Apparat ergaben folgende Spectren des durchgehenden Lichtes: durch

---

pag. 6. und Ueber die Durchleuchtung der Pflanzentheile von J. Sachs, in den Sitzungsberichten der k. k. Akademie der Wissenschaften. Wien 1860. XLIII.

[21]) Vergl. Sachs, Lehrbuch d. Botanik. IV. Aufl. pag. 727.

[22]) Nach meinen eigenen Beobachtungen an Kresse hinter einer 1 Ctm. mächtigen Schicht einer gesättigten Lösung von doppeltchromsaurem Kali rufen auch die gelben Strahlen, wenn auch in weit geringerem Masse, als die blauen, den positiven Heliotropismus hervor. Das durch eine 1 Ctm. mächtige Schicht dieser Lösung durchgehende Licht liess, spectroscopisch untersucht, nicht eine Spur der Strahlengattungen des stärker brechbareren Theils des Spectrums erkennen.

[23]) Sachs, l c. Ziff. 20.

[24]) Wenn ich hier schlechtweg von „blauen Strahlen" spreche, so verstehe ich darunter immer die Strahlengattungen des stärker brechbaren Theils des Spectrums und unter „gelben Strahlen" den minder brechbaren Theil desselben.

1 Scheide: gewöhnliches Chlorophyllspectrum[25], entsprechend dem Spectrum d der Alkohol-Chlorophylllösung von Pringsheim[26].

2 Scheiden: das vorige, aber ein wenig abgeschwächt, entsprechend Pringsheims e.

3 Scheiden: Das Spectrum lässt noch alle Strahlengattungen erkennen, die einzelnen Strahlen sind aber verschieden stark abgeschwächt, entsprechend Pringsheim's e bis f.

4 Scheiden: ein stark abgeschwächtes Chlorophyllspectrum; Indigo und Violett ist nicht mehr zu sehn; entsprechend Pringsheim's f;

5 Scheiden: wie voriges, aber abgeschwächter.

6 Scheiden: Ein sehr stark abgeschwächtes Chlorophyllspectrum; entsprechend Pringsheim's g. Das Roth von B bis C ist ganz dunkel; Gelb und Orange sind am wenigsten abgeschwächt, sehr deutlich ist auch der rechte Rand des Roth noch zu sehen; das Grün ist, wenn freilich abgeschwächt, noch deutlich zu beobachten, weniger gut das Blau, obschon es auch noch zu erkennen ist. Von Indigo und Violett ist nichts mehr zu sehen.

Der wachsende Theil der Blätter ist meist in 4 bis 6 Scheiden eingeschlossen; durch 4 bis 6 Scheiden hindurch gehen aber noch immer blaue Strahlen, somit bleibt bei den Gramineenblättern die Retardation, trotz dieser Umhüllung, nicht ausgeschlossen. — Der erhobene Einwand wäre aber um so weniger stichhaltig, als das ganz freigelegte Blatt von Allium cepa ganz dieselbe Periodicität zeigt, wie das Grasblatt.

Die retardirende Wirkung des Lichtes (speciell der blauen Strahlen) tritt, als Ursache der täglichen Periodicität des Wachsthums, im Vergleich zu der Wirkung der Assimilation, vollkommen zurück. Jene wird von dieser überwunden. Die tägliche Periode bei den Gramineen und bei Allium cepa wird einzig allein durch das Vorhandensein und Nichtvorhandensein der Assimilation hervorgerufen; ihr Vorhandensein beschleunigt das Wachsthum, ihr Nichtvorhandensein beschleunigt es

25) Vergl. die obere Figur 476 von Kraus in Sachs' Lehrbuch der Botan. IV. Aufl. pag. 730.

26) Vergl. N. Pringsheim. Ueber die Absorptionsspectra der Chlorophyllfarbstoffe; in d. Monatsbericht der k. Akademie d. Wiss. zu Berlin. October 1874. Tafel Fig. 1. pag 628.

nicht, man kann aber auch nicht sagen, dass es dadurch retardirt wird. Das Wachsthum nimmt, wenn die Pflanze nicht assimilirt, stets ab, so dass das Minimum kurz vor dem Wiederbeginn der Assimilation erreicht wird.

Diesen Thatsachen in vieler Beziehung scheinbar widersprechend sind die Beobachtungen an Cucurbita in Tabelle 9. Man wird in Folge dieser Beobachtung gezwungen, bei den **dicotylen** Blättern noch eine zweite, schon von Sachs an dem Internodium (l. c.) erkannte Ursache anzunehmen, welche neben der Assimilation die tägliche Periode hervorruft. Es ist die von Sachs als „retardirend" bezeichnete Wirkung des Lichtes.

Dass das Maximum der täglichen Periode bei den dicotylen Blättern durch die Assimilation hervorgerufen wird, daran ist nicht zu zweifeln. Prantl konnte bei seinen Untersuchungen (l. c. Tafel IV. bis VIII.) das tägliche Maximum willkürlich verlegen, wie früher schon mitgetheilt wurde. Dasselbe trat immer mehrere Stunden nach Wegnahme der Verdunkelung ein, nicht ein einziges Mal in der Zeit während der Verdunkelung, ein Beweis, dass das Maximum an das Vorhandensein des Lichtes d. h. an die Assimilation gebunden ist. Die Dunkelheit beschleunigt das Wachsthum keineswegs, denn der Zuwachs nimmt im Dunkeln stets ab (vergleiche meine Tabelle 9); demnach lässt sich die Lage des Maximums nicht anders erklären, als durch die Assimilation. Das Maximum fällt bei dicotylen Blättern dennoch nicht immer mit der grössten Lichtintensität zusammen, sondern tritt in der Regel früher ein, als diese (während des Vormittags), dann beginnt eine durch das Licht selbst hervorgerufene Retardation, welche aber bis zu Tagesanbruch des folgenden Tages stets zunimmt, so dass der Zuwachs ein immer geringerer wird und das Minimum kurz vor Tagesanbruch eintritt (vergleiche Tabelle 9). Das geringere Wachsthum in der Nacht lässt sich aus dem Mangel der Assimilation leicht erklären; viel schwieriger ist die Erklärung der Retardation während des Tages, die oft schon im Vormittag beginnt, in einer Zeit, während welcher eher eine Beschleunigung zu vermuthen wäre.

Es liesse sich annehmen, dass die Retardation während des Tages durch den grösseren Widerstand der Membran der Zelle, gegen den Turgor derselben, hervorgerufen werde. Das Wachsthum

findet zwar durch Intussusception statt, diese, die Intussusception, wird aber vermittelt durch die Dehnung der Haut in Folge des Turgors der Zelle[27]). Der grössere Widerstand der Membran ist die Folge einer grösseren (Baustoffbildung) Dicke und Resistenz derselben, welche beiden Eigenschaften selbst hervorgerufen werden durch die auf dem Wege der Assimilation entstandene und in die Membran eingelagerte Cellulose. Bei Beginn der Retardation (in den späteren Vormittagsstunden) setzt die Membran dem durch den Turgor der Zelle hervorgerufenen Ausdehnungsbestreben einen grösseren Widerstand entgegen, infolge dessen muss das Wachsthum der einzelnen Zellen und damit des ganzen Blattes ein geringeres werden. Im Laufe des Nachmittags wird fortwährend neue Cellulose gebildet und in die Membran eingelagert; dadurch wird die Resistenz der letzteren noch erhöht und der Widerstand gegen den Turgor der Zelle wird ein immer grösserer, so dass die Retardation stets zunehmen muss. Mit Beginn der Nacht nimmt der Widerstand der Membran stets ab, es fliessen ihr aber die Baustoffe, welche durch ihre Einlagerung das Wachsthum der Membran bewirken, in allzu geringer Menge zu, es kann deshalb, trotz des geringeren Widerstandes der Membran, dennoch keine Beschleunigung des Wachsthums eintreten[28]). Erst am Morgen des folgenden Tages, wenn die Pflanze assimilirt, tritt eine rapide Beschleunigung ein: die Verhältnisse für das Wachsthum sind um diese Zeit am günstigsten. Der Widerstand der Membran der Zelle gegen den Turgor derselben ist um diese Zeit sehr gering, eine Dehnung der Haut deshalb unvermeidlich, wo-

---

27) „Man kommt dem wahren Sachverhalt vielleicht ziemlich nahe, wenn man annimmt, dass das Wachsthum eine durch Einlagerung fester Substanz unterstützte beständige Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze eines wachsenden Zellhautstückes ist." Sachs, Lehrbuch der Botanik. IV. Aufl. pag. 762.

28) Durch mehrfach wiederholte Versuche bewies Traube an seinen bekannten Zellen von gerbsaurem β Leim „dass sobald die Neubildung von Membranmolekülen durch Wegnahme des äusseren Membranbildners (bei Traube ist es Gerbsäurelösung; in unserem Falle aber Cellulose) gehemmt wird, das Wachsthum, die Flächenausdehnung der Membran aufhört, obgleich die endosmotische Anschwellung des Zellinhaltes fortdauert (d. h. der Turgor der Zelle zunimmt)". Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftl. Medicin von Reichert und Du Bois-Reymond 1867 pag. 122 ad 88. — Die passive Dehnung spielt demnach beim Wachsthum eine untergeordnete Rolle. Vergl. Sachs, Lehrbuch der Botanik, IV. Aufl. pag. 644 und 761 ad 3.

durch die einzelnen Cellulosemoleküle derselben weiter aus einander rücken. Durch diese Dehnung der Haut allein ist ein Wachsthum dennoch nicht möglich, soll ein Wachsthum stattfinden, so müssen sich neue Cellulosemoleküle in die durch die Dehnung vergrösserten Interstitien einlagern (denn das Wachsthum der Membran ist bedingt durch das Vorhandensein von Baustoffen [Cellulose] und den Druck von Innen her [Turgor]); durch die Dehnung wird den Cellulosemolekülen nur Raum für ihre Einlagerung geschaffen. Die Baustoffe werden der Membran aber erst mit Beginn der Assimilation in grösserer Menge zugeführt, so dass eine Beschleunigung des Wachsthums auch erst dann möglich ist. Von dem Momente an, von welchem die durch die Assimilation entstandene Cellulose sich in die Membran einlagert, beginnt der grössere Widerstand der Membran; derselbe wird aber im Anfang durch den Turgor der Zelle noch überwunden, bis schliesslich die Retardation dennoch die Oberhand bekommt. Es ist deshalb leicht begreiflich, wenn an hellen Tagen, wo die Assimilation eine energischere ist, die Retardation bei den dicotylen Blättern früher eintritt, und umgekehrt, an trüben Tagen später. Warum bei der täglichen Wachsthumsperiode der untersuchten monocotylen Blätter keine durch das Licht hervorgerufene Retardation eintritt, müssen noch auf andere Pflanzen ausgedehnte Untersuchungen entscheiden. Jedenfalls spielt die durch das Licht hervorgerufene Retardation bei der täglichen Wachsthumsperiode eine nur untergeordnete Rolle. — Bei den untersuchten dicotylen Blättern ist die tägliche Periode eine Function der Assimilation, sie wird durch die retardirende Wirkung des Lichtes nur alterirt. — Bei den untersuchten monocotylen Blättern ist die tägliche Periode eine ausschliessliche Function der Assimilation.

Wie schon in Kapitel V. mitgetheilt wurde, ist die tägliche Periode auch bei den etiolirten und im Dunkeln wachsenden Blättern von Secale (Tabelle 10) zu beobachten, und zwar ist die Periode in ihrem Verlaufe vollkommen übereinstimmend mit derjenigen im Licht, unter sonst constanten äusseren Einflüssen wachsenden grünen Blättern beobachteten. Das Maximum fällt in die Zeit von 10 Uhr früh und 2 Uhr N. und das Minimum in die Nacht. Die Blätter zeigten nicht eine Spur einer grünen Färbung,

von einer Assimilation wäre also schon aus diesem Grunde keine Rede. Die Pflanzen standen Tag und Nacht unter einer doppelten Umhüllung (unter einem Blechrecipienten, über welchen noch ein Pappcylinder gestülpt war), so dass die zu der Pflanze gelangende Lichtmenge eine gewiss ganz minimale war, welche zudem, wenn sie von Bedeutung gewesen wäre, das Wachsthum des Tags nicht beschleunigt, sondern retardirt hätte. Die Temperatur war des Tags sogar etwas niedriger, als des Nachts. Die Periodicität kann deshalb nicht äussere Einflüsse zur Ursache haben, die Ursache muss eine innere sein; es bleibt deshalb wohl nichts anderes übrig, als dieselbe in der Vererbung zu suchen: Die Eigenschaft der grünen Pflanze, gegen das Licht derart zu reagiren, dass ein grösseres Wachsthum des Tages die Folge ist, wird vererbt.

VII. Uebereinstimmung des täglichen periodischen Wachsthums der Blätter mit jenem anderer Organe.

Der Erste, welcher die tägliche Periodicität des Wachsthums einer genauen wissenschaftlichen Untersuchung unterwarf, war Sachs[29]); seine Beobachtungen machte er an Internodien.

Sachs erklärt[30]) „die retardirende Wirkung des Lichtes und die beschleunigende Wirkung der Dunkelheit als Thatsachen, die durch das Wachsthum gleichartiger Pflanzen im Licht und im Finstern hinreichend festgestellt seien“ und will, von dieser Annahme ausgehend, auch die tägliche Periode als Folge einer retardirenden Function des Lichtes und einer beschleunigenden Function der Dunkelheit erklären, dass demnach das grössere Wachsthum in der Nacht und das geringere im Tag liegen müsse. Hält man sich aber an seine aus der directen Beobachtung hervorgegangenen Zahlen, so wird man eine Uebereinstimmung mit meinen oben mitgetheilten Beobachtungen nicht verkennen können. — Unglücklicherweise ist aber die Lufttemperatur bei Sachs während des Tages in der Regel um ein Geringes höher, als des Nachts. Von der Annahme ausgehend, dass das Licht retardirt und demnach das grössere Wachsthum in der Nacht, und nicht, wie er bei seinen Beobachtungen gefunden, im Tag liegen müsse, nimmt nun Sachs seine Formel zu Hülfe und will damit den Einfluss der wenig höheren Tagestemperatur auf das Wachsthum eliminiren. In einigen Fällen benutzt er die Formel $\frac{z}{t-n}$, in andern $\frac{z}{(t-n)^2}$; dabei bedeutet z der (dreistündliche) Zuwachs, t die Temperatur dieses Zeitraumes und n ist eine Zahl, die

29) s. Cit. 1. pag. 99.
30) ebenda, pag. 166.

in jedem speziellen Fall einen anderen Werth haben kann, sie darf aber nie die Grösse des kleinsten beobachteten t erreichen und kann beliebig tief (bis auf Null) herabgesetzt werden. „Alle Zacken auf der Zuwachscurve, die sich durch dieses Verfahren beseitigen lassen, sind Functionen der Temperatur“ (Sachs). Er legt diesem Verfahren zwar „nur den Werth eines empirischen Kunstgriffes bei“, aber dennoch „will er damit zeigen, dass die am Tage eintretende Steigerung in der That nur eine Wirkung der höheren Temperatur ist“. — Nach meinen Beobachtungen lässt sich aber das Verhalten der etiolirten Pflanzen im Dunkeln und der grünen Pflanzen im Licht nicht direct auf die tägliche Periode übertragen, — auf welche Thatsache Sachs seine Erklärung von der täglichen Periode stützt und im Ferneren seine oben angeführte Formel fussen lässt — sonst müsste bei den Gramineen und bei Allium cepa das Maximum der täglichen Periode in der Nacht liegen und nicht (wie es wirklich der Fall ist) im Tag, zur Zeit der grössten Lichtintensität. Es ist demnach die Auffassung von Sachs, dass das Licht das Wachsthum schlechtweg retardire und die Dunkelheit es beschleunige, nicht zutreffend, demnach können es auch die darauf gebauten Schlüsse nicht sein.

Schon Strehl hat bei Anwendung der Sachs'schen Formeln die Erfahrung gemacht[31]), dass man bei Anwendung der Formel bei den niedrigen Temperaturen zu hohe und bei den höheren Temperaturen zu kleine Werthe erhält. Demnach ist es auch ganz leicht möglich, dass Sachs mit seinen Formeln (weil die Tagestemperaturen bei seinen Untersuchungen immer wenig höher standen als die Nachttemperaturen,) immer zu Ungunsten der Tages- und zu Gunsten der Nachtzuwachse gerechnet hat und auf diese Weise ein seiner Voraussetzung entsprechendes Resultat bekommt. Er hat dadurch nicht nur den Einfluss der Temperaturerhöhung eliminirt, sondern auch den wachsthumsbefördernden Einfluss des Lichtes. Es ist überhaupt sehr schwierig, ja geradezu unmöglich, den Einfluss, den die Temperaturänderungen auf das Wachsthum ausüben, zahlenmässig zu ermitteln, wenn gleichzeitig das Licht mitwirkt.

---

[31]) Strehl, l. c. pag. 46 und Tabelle X. pag. 43.

Die nach diesen Formeln berechneten Zahlen und die danach construirten Curven sind also immer mit einer bestimmten Reserve aufzunehmen.

Auf Tabelle 11 und 12 von Sachs' Arbeit war der wachsthumsbefördernde Einfluss des Lichtes gross genug, um das Wachsthum so stark zu beschleunigen, dass die Periode durch die Formel nicht wesentlich alterirt wurde; dies ist aber nicht der Fall bei seinen Messungen im April auf Tabelle 13 und 14.

Die aus der directen Beobachtung hervorgegangenen Zahlen lassen das Maximum der täglichen Periode in folgenden Zeiten erkennen.

in Tabelle 11. Dahlia;

24. Mai 7 bis 8 früh,
25. - 7 - 8 -
26. - 9 - 10 -
27. - 6 - 7 -

} sehr hell; bis um 7 Uhr früh ein Schirm vor; um 4 Uhr früh ist es vollständig Tag.

in Tabelle 12. Dahlia;

20. Juni 10 bis 11 früh trüb
21. - 9 - 10 - hell, 1 Stunde trüb
22. - 10 - 11 - heiter
23. - neu eingestellt,
24. - 7 bis 8 früh trüb,

in Tabelle 13 Polemonium, Blüthenstengel;

24. April 11 bis 12 Mittag, trüb, Schirm ½ Stunde vor,
25. - 1 - 2 Nachmittag, sehr trüb und 1 Stunde heiter,
26. April 1 bis 2 Nachmittag, heiter, Schirm 4 Stunden vor,
27. April 11 bis 12 Mittag trüb, Schirm 2 Stunden vor,
28. - 2 - 3 Nachmittag trüb, regnerisch, Schirm 1 Stunde vor,

in Tabelle 14. Richardia, Blüthenschaft;

16. April 2 bis 3 Nachmittag trüb, 2 Stunden heiter,
17. - 11 - 12 Mittag trüb,
18. - 7 - 8 früh heiter,
19. - 8 - 9 - trüb.

Es herrscht somit in Bezug auf die Lage des Maximums zwischen den Internodien und den dicotylen Blättern eine so grosse Uebereinstimmung, wie sie kaum zu erwarten war.

Auch bei den etiolirten Pflanzen im Dunkeln hat Sachs die tägliche Periode beobachtet, weil er aber durch seine Formeln das Maximum in die Nacht und das Minimum in den Tag rückt, so erklärt er diese Periodicität als Folge „des ausserordentlich geringen Helligkeitsgrades, der des Tags in dem verdunkelten Zimmer unter dem Zinkrecipienten herrschte“. Dieser geringe Helligkeitsgrad hätte demnach das Wachsthum des Tages so weit retardirt, dass eine deutliche Periodicität zu beobachten ist. Dass aber das Maximum im Tag liegt, zeigen seine Tabelle 6A, 7 und 8B.

Strehl[32]) hat im Herbst und während des Winters 1873 auf 1874 das Längenwachsthum der Wurzel und des hypocotylen Gliedes an Keimpflanzen von Lupinus albus untersucht.

Die Zeit (Dezember und Januar), während welcher die Untersuchungen über die tägliche Periodicität gemacht wurden, ist aber eine sehr ungünstige, während welcher die Assimilation nicht nur wegen der geringen Beleuchtung, sondern auch wegen der ziemlich niedrigen Temperatur sehr beeinträchtigt wird. Der geringen Assimilation wegen, welches besonders von der Keimungsperiode gilt, wo die Pflanzen vorzugsweise nur von ihrem Reservematerial leben, kann bei Strehl die tägliche Periodicität nur das Resultat der retardirenden Wirkung des Lichtes sein. Aus diesem Grunde kann das Maximum der täglichen Periode auch nur in der Nacht liegen, wo die retardirende Wirkung des Lichtes sich nicht geltend macht, die Reservenahrung aber in gleicher Menge zur Disposition steht, wie des Tages. Anders würde sich dasselbe bei der Wurzel in dem späteren Lebensalter verhalten und in einer Zeit, wo die Lichtwirkung und die Temperatur gross genug sind, die Assimilation in ihrem vollen Masse aufkommen zu lassen. Eine Andeutung hiervon findet man an hellen Tagen auch bei Strehl.

Strehl will nun in der von ihm gefundenen täglichen Periode eine Uebereinstimmung finden mit derjenigen von Sachs an den Internodien und derjenigen von Prantl an den Blättern gefundenen,

---

[32]) s. Cit. 3.

welches namentlich bei der von Letzterem an den Blättern nachgewiesenen Periode nicht der Fall ist, schon wegen der verschiedenen Zeit der Untersuchung — Prantl machte seine Untersuchungen im Juni und Juli, Strehl im Dezember und Januar — dann aber auch besonders wegen der grossen Verschiedenheit der Versuchsobjecte. Schon mehr Uebereinstimmung herrscht mit den von Sachs im April beobachteten Blüthenschäften von Polemonium und Richardia (Tabelle 13 und 14) hier aber auch nur mit den nach den Formeln berechneten Werthen.

Strehl kommt bei seinen Untersuchungen zu dem ganz richtigen Resultat, dass eine retardirende Wirkung des Lichtes wirklich vorhanden sei[33]), erklärt aber das grössere Wachsthum und die Lage des Maximums in der Nacht, nicht wie Sachs, durch die beschleunigende Wirkung der Dunkelheit, sondern folgendermassen: „Des Tags wird assimilirt und um so lebhafter, je grösser die Intensität des Lichtes; die Pflanzen speichern Stoffe auf, die zur Verwendung kommen, sobald die Intensität des Lichtes geringer wird — daher des Nachts ein stärkeres Wachsthum“[34]).

---

33) Strehl, l. c. pag. 47.
34) Strehl, l. c. pag. 30.

VIII. Zusammenfassung der Resultate.

1. Das Blatt beginnt anfangs nur mit kleinen Zuwachsen, wächst dann rascher, erreicht ein Maximum der Wachsthumsgeschwindigkeit, um von da ab immer langsamer zu wachsen, bis endlich das Wachsthum aufhört (grosse Periode); das Blatt verhält sich also wie die andern Pflanzentheile.

2. Das Wachsthum der linearen monocotylen Blätter ist ein basipetales. Die Spitzenzone des Blattes beschliesst ihr Wachsthum am frühesten, ihr folgen basipetal die darunterliegenden Zonen, bis endlich die Basalzone das Wachsthum des ganzen Blattes beschliesst. — Am ausgiebigsten ist das Wachsthum in den Basalzonen und zwar in verschiedenen Zeiten in verschiedenen Zonen; das absolut grösste Zonenwachsthum rückt von einer oberen Zone mit fortschreitender Zeit in eine untere. — Wie das ganze Blatt, so besitzt auch jede einzelne Zone eine grosse Periode. Aus der Summe der grossen Perioden aller Zonen, setzt sich die grosse Periode des ganzen Blattes zusammen.

3. Die untersuchten, nur dem Wechsel von Tag und Nacht ausgesetzten linearen monocotylen Blätter lassen eine tägliche Periodicität des Wachsthums in der Weise erkennen, dass das Wachsthum mit zunehmender Lichtintensität stets zunimmt, um Hand in Hand mit der Abnahme derselben wieder zu fallen. Das Maximum des Wachsthums fällt mit der grössten Lichtintensität zusammen, das Minimum tritt kurz vor Tagesanbruch ein.

4. Die Ursache dieses täglichen periodischen Wachsthums ist die Assimilaton: mit dem Zunehmen der Assimilation steigt das Wachsthum, mit dem Abnehmen derselben fällt es.

5. Dieselbe tägliche Wachsthumsperiode (wie in ad 3) tis auch an den etiolirten, linearen monocotylen Blättern im Dunkeln unter constanten äusseren Einflüssen zu beobachten: sie wird demnach vererbt.

6. Bei den untersuchten dicotylen Blättern wird die tägliche Periode noch dadurch modificirt, dass nach dem Auftreten des Maximums in den Vormittagsstunden eine Retardation eintritt, so dass ein allmäliges Sinken des Wachsthums bis zum folgenden Morgen kurz vor Tagesanbruch stattfindet; mit Anbrechen des Tages steigt das Wachsthum rasch, um in den Vormittagsstunden wieder das Maximum zu erreichen. Ist die Lichtintensität geringer, so tritt dasselbe später, ist sie grösser, so tritt es früher auf.

7. Das Maximum der täglichen Periode wird bei den dicotylen Blättern durch die Assimilation hervorgerufen. Die nach dem Maximum auftretende Retardation während des Tages ist Folge der Lichteinwirkung.

8. Wie aus den directen Beobachtungen von Sachs hervorgeht, stimmt die tägliche Periode der Internodien mit derjenigen der dicotylen Blätter im Wesentlichen überein.

9. Ueber die tägliche Periode der Wurzel selbstständig lebender Pflanzen kann noch nichts Sicheres gesagt werden.

Erklärung der Tafeln.

——————— Wachsthumscurve der grünen Blätter.
.... Wachsthumscurve der etiolirten Blätter.
_________ Temperaturcurve der grünen Blätter.
.... Temperaturcurve der etiolirten Blätter.

In Tafel II. gilt die Temperaturcurve des grünen Blattes auch für das etiolirte Blatt.

Von meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrath Schenk, zu dieser Arbeit angeregt, erfülle ich eine angenehme Pflicht, wenn ich demselben an dieser Stelle meinen Dank für die vielfachen Rathschläge und für die Freundlichkeit, mit welcher er mir Alles zu diesen ausgedehnten Untersuchungen Nothwendige zur Verfügung gestellt hat, ausspreche.

Teratologische Beiträge zur morphologischen Deutung des Staubgefässes.

Von

Dr. Lad. Čelakovský.

Mit Tafel V., VI. und VII.

Ueber den morphologischen Werth der einzelnen Theile des Staubgefässes, besonders der Anthere, bestehen bis jetzt noch so manche Zweifel. Abgesehen von jenen Staubgefässen, die in der Neuzeit vielfach für Umbildungen der Achse, für pollenbildende Kaulome angesehen wurden, so sind selbst die Theile eines unzweifelhaften Staubblatts nicht vollkommen sicher und in allgemeiner Uebereinstimmung auf ihre morphologische Bedeutung, d. h. auf ihre spezielle Metamorphose zurückgeführt, was auch Sachs in seinem Lehrbuche (4. Aufl. S. 526) zu bemerken Anlass fand. Sachs sucht den Grund hiervon darin, dass es an genaueren entwickelungsgeschichtlichen Studien in dieser Richtung fehlt; ich bin jedoch überzeugt, und werde es weiterhin ausführen, dass von der Entwickelungsgeschichte (die übrigens in letzter Zeit von Warming und von Engler dankenswerth aufgeklärt wurde) in diesem Punkte eigentlich sehr wenig, Alles aber vom Studium der Bildungsabweichungen und vom morphologischen Vergleiche zu erwarten ist. Von dem ausschliesslich entwickelungsgeschichtlichen Standpunkte aus, der die Bildungsabweichungen und den morphologischen Vergleich geringer schätzt und wenig berücksichtigt, ist allerdings sogar die Berechtigung dazu, nach dem morphologischen Werthe des Staubgefässes zu fragen,

geradezu abgesprochen worden. Ich gedenke darauf zum Schlusse zurückzukommen, betrachte aber vorläufig eine solche Berechtigung als selbstverständlich und erwiesen, und will im Nachstehenden durch Mittheilung einiger Bildungsabweichungen zur morphologischen Deutung der Antheren einen Beitrag liefern.

Das Beste in dieser Richtung ist meines Wissens in der Dissertation H. von Mohl's vom J. 1836: „Beobachtungen über die Umwandlung von Antheren in Carpelle"[1]) enthalten, wo auch die bis dahin kund gewordenen Ansichten über die Staubgefäss-Metamorphose zusammengestellt und in gewohnter scharf kritischer Weise besprochen sind.

Die Hauptfragen, die durch die Bildungsabweichungen und den Vergleich beantwortet werden sollen, sind zwei: erstens, ob die Pollenfächer nur als indifferente Anschwellungen der Blattsubstanz des Staubblattes oder ob sie als besondere Ausgliederungen desselben, etwa als Emergenzen aufzufassen sind, und zweitens, ob sie der Ober- oder Unterseite des Blattes oder beiden zugleich angehören, oder ob sich hierin verschiedene Pflanzen verschieden verhalten.

Cassini und Röper hatten die Ansicht ausgesprochen, dass die Fächer Aushöhlungen im Blattparenchym seien, auf jeder Seite des Blattes zu zweien gebildet, so dass der Blattrand in der Sutur zwischen den beiden Fächern jeder Antherenhälfte liege. Mohl wollte diese Deutung allenfalls nur für manche Fälle gelten lassen, z. B. für die Euphorbien (nach Röper's Darstellung), fand aber (was vordem bereits Bischoff erkannt hatte) in allen von ihm selbst untersuchten Fällen (gefüllter Mohn, Rosen, Nigella damascena), dass alle vier Fächer auf der Oberseite des Blattes liegen und dass der Blattrand in die beiden rückwärtigen (hinteren, unteren) Loculamente verlaufe. Als Emergenzen, die vom eigentlichen Blatte morphologisch zu unterscheiden wären, hat sie Mohl nicht aufgefasst, denn er sagt (l. c. S. 42), es sei in den von ihm beobachteten Missbildungen von Sempervivum und Papaver deutlich, „dass das Connectiv dem Mittelstücke des veränderten Blattes entspricht, während die Loculamente die der Breite und Länge nach contrahirten, der Dicke nach aufgeschwollenen Seitenhälften desselben sind." Bei den Pflanzen

[1]) In den vermischten Schriften botanischen Inhalts. Tübingen. III. S. 28.

antheris extorsis entsprechen vielleicht, sagt Mohl, beide Loculamente derselben Hälfte der unteren Blattfläche, wenigstens ohne Zweifel bei Cycadeen und Coniferen.

Hierauf deutete A. Braun bereits in der Schrift über Verjüngung (1851) an, dass die Anthere durch Spreitenverdoppelung oder „Ueberspreitung" zu Stande kommt, durch welche die Staubbeutelfächer jederseits verdoppelt werden, und übereinstimmend führte auch Wydler (in Flora 1852, N. 47) den Vergleich der Anthere mit dem abnorm doppelspreitigen Blatte der Bignonien weiter aus.

Neumann erklärte (in Bot. Zeitung 1854), freilich mehr auf Grund der Entwickelungsgeschichte als der Abnormitäten, den Unterschied der antherae extrorsae und introrsae für relativ, und wollte Röper's Auffassung ganz allgemein wieder hergestellt wissen, ohne indess für das Eine oder das Andere irgend erhebliche und stichhaltige Gründe beizubringen.

Sachs hat eine besondere Auffassung der Anthere; im Allgemeinen schliesst er sich zwar Mohl's Deutung an, besonders was die Lage der Fächer auf der Oberseite des Staubblattes betrifft, jedoch betrachtet er die Antherenhälften als „Anhängsel" des eigentlichen Blattes, welches durch Filament und Connectiv allein repräsentirt sei. Dafür spricht ihm der phylogenetische Vergleich, nach welchem man, „bis genauere Beobachtungen etwas Anderes zu Tage fördern, annehmen darf, dass jedes Loculament mit seiner Wandung einem Sporangium und somit auch einem einzelnen Pollensack der Cycadeen und Cupressineen entspricht" und dass die Pollensäcke jeder Seite so dicht beisammen liegen, dass sie mehr oder minder seitlich verschmelzend eine Antherenhälfte darstellen. Hiernach wären also die 4 Pollenfächer der Metaspermen Emergenzen der Blattoberseite in dem Sinne, wie es die Pollensäcke der Archispermen auf der Unterseite des Staubblattes sind.

Neuestens präcisirt A. Braun (in der Schrift über die Cycadeen S. 345) seine sowie Wydler's Ansicht in folgender Weise: „Zahlreiche Beobachtungen an in Laubblätter übergehenden, sowie an manchen petaloidisch afficirten Staubblättern weisen darauf hin, dass die 4 Staubfächer nicht einer einfachen, sondern einer durch Emergenz (in K. Schimper's, nicht in Cramer's, Warming's und Sachs's Sinne) verdoppelten und dadurch 4flügeligen Blattspreite

angehören, die 2 vorderen (oder oberen) den Emergenzflügeln, die 2 hinteren den ursprünglichen Blattflügeln."

Hingegen hat wiederum vor Kurzem Engler in seinen „Beiträgen zur Kenntniss der Antherenbildung der Metaspermen" in gegenwärtigen Jahrbüchern (1875) die Ansicht Röper's und Neumann's, und zwar vorzugsweise auf Grund der Entwickelungsgeschichte vertheidigt.

Meine eigene Ansicht habe ich in dem Aufsatz über die Samenknospen in „Flora" 1874 nur so nebenbei angedeutet, dass nämlich die Pollenfächer der Metaspermen blosse innere, äusserlich nur wenig hervortretende Fächer der Blattspreite selbst sind, die ich phylogenetisch durch Zurücknahme (d. h. geringere Hervorwölbung) der ursprünglich wie bei den Archispermen als Emergenzen frei ausgegliederten Pollensäckchen erklären wollte.[1]) Das Folgende wird zeigen, dass ich seither dabei nicht stehen geblieben bin, sondern durch neuere Untersuchungen mich bestimmen liess, meine Ansicht wesentlich zu detailliren und zu verbessern, in der Weise, dass ich Wydler's und A. Braun's Resultat durchaus bestätigen kann.

Die von mir in lehrreichen Uebergangsformen untersuchten Blüthen sind: vergrünte Blüthen der **Rosa chinensis** (Monatsrose) und von **Dictamnus albus**, und gefüllte Blumen der **Camellia japonica**.

I. Vergrünte Staubblätter der Rosa chinensis Jacq.

Die normalen Staubbeutel (Fig. 1) sind von gerundet eiförmiger oder elliptischer Gestalt, an beiden Enden, besonders tief aber am unteren Ende ausgeschnitten, in welchem Ausschnitt das Filament sich einfügt. Das Connectiv ist verhältnissmässig breit, besonders auf der Rückseite (1 b); denn die bogig gekrümmten Antherenfächer liegen nicht vollkommen seitlich, sondern etwas mehr nach Innen gekehrt, daher auch die Sutur nach Innen liegt (1 a). Die Antheren gehören also zu den introrsen. Die Suturfurche ist nur seicht, daher

[1]) Ich habe aber auch damals nicht gesagt, dass ich die versenkten Pollenfächer noch für Emergenzen betrachte, weshalb mich Eichler missverstanden hat, da er mir (Blüthendiagramme S. 49) „Emergenzen oder Epiblasteme im Inneren des erzeugenden Organs" imputirte, die er dann freilich „etwas paradox" fand.

die Fächer auf dem Durchschnitt verschmolzen oder gleichsam im Blattparenchym selbst eingebettet erscheinen. (1c). Häufig finden sich in den gefüllten Blüthen der Monatsrose Uebergänge vom Staubfaden zum Blumenblatt, deren zwei Fig. 2 und 3 zeigen. In Fig. 2 ist die Anthere noch wenig verändert, die Fächer liegen deutlicher auf der Oberseite des Blattes; das verbreiterte Filament ist getheilt, der eine Lappen petaloid, der andere minder breite tritt in den Ausschnitt der Anthere ein. In Fig. 3 ist das Staubblatt bereits gänzlich petaloid, ebenfalls zweilappig, der eine Lappen ganz steril, der andere mit einem einfachen Pollenfache am Rande nahe dem Lappenausschnitt und mit einer mit dem Fache im Ausschnitt zusammenstossenden longitudinalen Falte.

Weit instruktiver sind die vergrünten Formen einer Monstrosität, die unter dem Namen Rosa viridis oder viridiflora auch in den Handel eingeführt wurde und auf Blumenausstellungen in Prag, wie wahrscheinlich auch anderwärts, bei Laien ein nicht ganz gewöhnliches Aufsehen erregte.

Die Pollenfächer der vergrünten Staubblätter sind sehr deutliche, erhabene, parallel dem Längsdurchmesser des Blattes langgestreckte Wülste auf der Oberseite des Blattes. Sind alle 4 ausgebildet, so liegen stets die 2 hinteren am Blattrande selbst, allmählich in den normalen gesägten Blattrand übergehend. Sie bilden also selbst den, soweit sie verlaufen, ganzrandigen, glatten, angeschwollenen Rand des Blattes, eigentlich aber nur ihr hinterer Rand (Fig. 7c), da sie, wie gesagt, dennoch deutlich mehr der Blattoberseite angehören. An minder verlaubten Staubblättern (Fig. 4, 5) nehmen die Fächer fast die ganze Breite des Blattes ein, welches sich über sie hinaus in die flache, blattige, gezähnte Spitze fortsetzt; die Fächer jeder Hälfte liegen einander näher an, als die beiden mittleren beider Hälften; in weiter fortgeschrittenen Vergrünungen sind aber jene durch ein breiteres Stück der Blattfläche von einander entfernt, als die beiden mittleren. Der Staubfaden, anfangs noch schmal und fädlich, auch geknickt gebogen, wird immer breiter und kürzer und geht ganz allmählich in die übrige Blattspreite über. Die vorderen (mittleren) beiden Fächer verkürzen sich weiterhin im Verhältniss zu den hinteren (Fig. 4, 6, 9), werden früher unvollkommen ausgebildet (Fig. 7) und schwinden früher ganz (Fig. 10); also umge-

kehrt als wie es Mohl bei Sempervivum beobachtete. Bei unvollständiger Ausbildung verlauft statt der mittleren Fächer nur je eine schmale und niedrige grüne Lamelle längs des Mittelnerven, welche bisweilen nur stellenweise breiter und angeschwollen, dabei pollenführend ist (Fig. 7, 8), sonst aus gewöhnlichem Blattparenchym ohne Pollen besteht (Fig. 7b, im Durchschnitt).

Sehr häufig sind beide Blatthälften ungleich ausgebildet; die eine breitere verliert früher ihr randständiges Loculament und bekommt den gewöhnlichen drüsig-gesägten Blattrand. (In Fig. 8 beschränkt es sich nur auf die Bucht zwischen den beiden grösseren Zipfeln, in Fig. 9, 10 fehlt es bereits ganz). Die Fig. 8 mag auch zur besseren Erklärung der Fig. 3 dienen, denn offenbar entspricht der Rest des Loculamentes in der Bucht von Fig. 8 dem Rest eines Loculamentes in der Bucht von Fig. 3, und die faltenartige Lamelle der letzteren entspricht der rechtsseitigen nur theilweise noch angeschwollenen mittleren Lamelle der Fig. 8.

Die Metamorphose des gewöhnlichen Staubgefässes aus dem normalen flachen Blatte erfolgt somit dadurch,[1]) dass das Blatt allerdings im unteren Theile zum Staubfaden sich contrahirt, d. h. von Jugend auf ein sehr geringes Breitenwachsthum, dafür um so bedeutenderes Längenwachsthum zeigt, und selbst im Antherentheil zwischen den Fächern, zumal den benachbarten jeder Hälfte immer mehr sich zusammenzieht, so dass die Fächer ganz nahe zusammenrücken, ja die paarigen jeder Hälfte sogar seitlich unter einander theilweise verschmelzen. Auch die Blattspitze wird gänzlich reducirt. Bemerkenswerth ist ein gewisser Unterschied zwischen den hinteren, randständig gewordenen und zwischen den mittleren, vorderen Pollenfächern. Jene sind offenbar Anschwellungen des Blattrandes selbst, obwohl vorzugsweise der oberen Blattfläche angehörend, während die

[1]) Ich wünsche dem Missverständniss vorzubeugen, als ob ich die Umbildung des normalen Blattes, Laub- oder Blumenblattes, in das Staubblatt für irgend eine Entwickelung halten oder ausgeben wollte. Die Entwickelung des normalen Staubgefässes hat mit der Metamorphose im obigen Sinne nichts zu schaffen, worüber zum Schluss der Abhandlung ein Mehreres folgen soll. Aus einem derartigen Missverständniss hat z. B. Wigand in seiner Teratologie H. v. Mohl ganz ohne Grund getadelt, dass er die Abnormitätenreihen für Entwickelungsstadien angesehen habe, woran Mohl, der ein besseres Verständniss der Metamorphose und der Abnormitäten besass als Wigand, gar nicht einmal gedacht hat.

mittleren Fächer durchaus Emersionen oder Protuberanzen der Oberseite sind.

Ganz ähnlich wie bei Rosa chinensis erfolgt die Verblattung des Staubgefässes des Lilium candidum (Fig. 11). Diese Abbildung hat deshalb hier Aufnahme gefunden, weil sie zeigt, dass die Metamorphose des Staubblatts der Monocotylen von der der Dicotylen nicht verschieden ist. Die Staubfächer gehören ebenfalls der Blattoberseite an, die hinteren liegen abermals im Blattrande selbst; das der linken verbreiterten Hälfte der Fig. 11 ist bereits unvollständig, nur im unteren Theile des Blattrandes ausgebildet.

2. Verblattung der Staubgefässe der Camellia japonica.

In den gefüllten Blüthen der Camellia findet man die verschiedensten Uebergänge von beinahe normalen Staubgefässen, welche die innerste Reihe bilden, zu den Blumenblättern. Es sind aber nicht alle Stöcke (alle Varietäten?) mit gefüllten Blüthen zu solchen Untersuchungen gleich brauchbar; manche sind nämlich an Mittelformen reicher, andere sind ärmer daran und gehen in rascherem Sprunge aus der Form des Blumenblattes in die des Staubgefässes über. Die schönsten Mittelformen lieferte mir ein in meinem Zimmerfenster kultivirter Stock, dessen Formen ich zuerst beschreiben werde.

Zunächst sei über den Bau des normalen Staubgefässes (Fig. 13) bemerkt, dass die bogig gekrümmten 2fächerigen Theken wie bei Rosa durch ein in der Mitte breiteres, nach den Enden verschmälertes, länglich-ovales Connectiv verbunden werden. Die Loculamente liegen aber fast genau seitlich (13c im Durchschnitt), zwei vorn, zwei hinten, so dass man hier zunächst wohl an die Erklärung Cassini's und Röper's denken möchte. Die ganze oval-scheibenförmige Anthere ist versatil, der Staubfaden inserirt sich nämlich mit pfriemlich verdünnter Spitze auf der Mitte der Oberseite in einem nett umschriebenen tiefen Grübchen des Connectiv's, welches nach abwärts in eine kanalartige Furche übergeht (13b). Es liegt hier also eine schildförmige Bildung der Anthere vor, deren Filament nicht in ihre Basis, sondern in die Mitte ihres Connectiv's sich inserirt. Es ist gewiss von Interesse, durch die Bildungsabweichungen zu erfahren, was ein solches Wachsthum des Staubblattes eigentlich bedeutet.

Wenn auch bei der Rose beide Theken am Grunde etwas nach abwärts gezogen waren, so ging doch der Faden zwischen ihnen in die Basis des Connectiv's über. (Fig. 1). Durch eine ähnliche, wenn auch noch stärkere Verlängerung der Basis der Theken lässt sich bei der Camellia die Antherenbildung nicht erklären, da nicht allein die Theken, sondern auch das Mittelband mit ihnen nach abwärts von der Spitze des Filamentes vorgezogen ist.

In allen blumenblattartigen Umbildungen des Staubgefässes zeigte es sich deutlich, dass die Loculamente auf der Rückseite oder Aussenseite der Staubblattspreite stehen; selbst an den ziemlich normalen innersten Staubgefässen dieser Blüthen befinden sich die Antherenfächer stets auswärts an dem innen viel breiter entwickelten Connectiv. (Fig. 14, a von Aussen, b von Innen). Die Anthere der Fig. 14 ist entschieden extrors, obzwar die normalen Antheren regelmässig seitliche Pollenfächer zeigen. Die Vergrünungen scheinen somit für's Erste Mohl's Vermuthung zu bestätigen, dass die Pollenfächer der extrorsen Staubgefässe aus der unteren Fläche der Spreite entspringen, sowie die Pollensäckchen der Archispermen, obwohl die Antheren der Camellia nur abnormer Weise extrors gebildet sind. Jedoch bemerkt man bei genauerem Zusehen, dass in allen diesen Mittelbildungen die Aussenseite nach ihrem Glanze und ihrer intensiveren Farbe, sowie nach der deutlichen Vertiefung der Nerven eigentlich der physiologischen Oberseite entspricht, die mattere Innenseite mit minder deutlicher Aderung dagegen der physiologischen Unterseite des Blumenblattes. Die Verkehrung der Flächen ist nicht etwa allen Blättern der gefüllten Blüthe eigenthümlich, sondern nur den Staubblättern, während die Petala, wenigstens des äussersten Kreises die normale Bildung, nämlich eine nach Innen gerichtete Oberseite zeigen. Ich konnte übrigens mehrere Variationen unterscheiden. Bekanntlich sind die Blumen- und Staubblätter an ihrem Grunde in ein ziemlich hohes Ringstück verwachsen, mittelst dessen sie sich im Ganzen vom Blüthenboden ablösen. In den seltensten Fällen war nur ein Kreis von 5 oder mehr etwas zurückgebogenen grösseren echten Petalen vorhanden und folgten nach Innen mehrere Reihen aufgerichteter, von der Corolla abstehender, mehr oder weniger petaloidischer und mehr oder weniger Pollenfachrudimente tragender Staubblätter mit sämmtlich verkehrten Flächen. Einen schematischen Durchschnitt eines

solchen Ringes aus Petalen und Staubblättern stellt die Fig. 12 dar. Am häufigsten waren innerhalb des äussersten Kreises von wahren Petalen andere petaloide Blättchen mit normalen Flächen gestellt, zu Innerst einige Kreise verkehrter (resupinirter) Staubblätter. An den Blüthen eines Blumenstockes waren innerhalb der Petala 5 deutlich zu unterscheidende Gruppen von Blättchen zum gemeinsamen Ringe vereinigt. Jede Gruppe enthielt in ihrem Centrum ein Bündel ziemlich normaler Staubgefässe, ringsum aber petaloide pollenfachlose Blättchen, welche durchweg ihre Oberseite gegen das centrale Bündel wendeten, so dass also die inneren wiederum verkehrt waren, die äusseren normal orientirt, die zu beiden Seiten des Bündels stehenden aber radial zur ganzen Blüthe gerichtet.

Wie ist nun diese seltsame Stellung zu erklären? Die Entwickelungsgeschichte hat gezeigt, dass die zahlreichen Staubgefässkreise von Innen nach Aussen an der Blüthenachse entstehen. Da ich eine solche centrifugale Entstehungsfolge mit dem Wesen echter ganzer Blätter nicht zu vereinigen vermag, so habe ich schon 1874 in der „Flora" die Ansicht ausgesprochen und zu erweisen gesucht, dass solche Staubgefässe nur die Theilblättchen aus unentwickelten, mehr weniger verschmolzenen Primordien sind. Für die Ternstroemiacee Gordonia bildet denn auch Payer (auf Taf. 154, Fig. 8, 9) die 5 anfänglichen Primordien ab. Die halbgefüllten Camellienblüthen bestätigen noch weiter diese Auffassung. Von den oben genannten 5 Gruppen entspricht offenbar eine jede einem zusammengesetzten Staubblatt, dessen Abschnitte oder Theilblättchen mithin tuten- oder trichterförmig um eine ideale Achse gestellt sind und gleich einer einfachen Blatttute ihre Oberseiten dieser centralen Achse zukehren. In den anderen Variationen sind nur die 5 Gruppen vollkommener verschmolzen, daher alle Theilblättchen in vollkommene Kreise gereiht, von denen die inneren resupinirt, die äusseren normal sind. Werden in einzelnen Fällen diese letzteren unterdrückt, so werden alle Staubblätter resupinirt erscheinen. Die Verkehrung der Blattflächen der Staubblätter in Abnormitäten deutet also darauf hin, dass da keine ganzen Blätter, sondern Theilblättchen zusammengesetzter Staubblätter vorliegen.

Die Camellienblüthe macht nach dieser Auseinandersetzung keine wirkliche Ausnahme von jenem so allgemeinen Gesetz der Antheren-

bildung bei den Metaspermen, nach welchem die mittleren (secundären) Fächer der Blattoberseite entspringen, jedoch ist auf die physiologische Oberseite der Nachdruck zu legen, welche in zusammengesetzten Staubblättern auch nach Aussen verkehrt werden kann.

Bei dieser Gelegenheit sei noch bemerkt, dass bei sämmtlichen Staubgefässen der Rose durchaus keine Verkehrung der Flächen stattfindet, woraus sich auf zahlreiche einfache Staubblätter schliessen lässt, womit auch die Entwickelungsgeschichte übereinstimmt.[1])

Eine weitere Eigenthümlichkeit vieler Mittelformen zwischen Staubgefäss und Blumenblatt, durch welche sich die schildförmige Anheftung des Filaments der normalen Anthere erklärt, ist nun die, dass ihr flacher Spreitentheil eine mehr weniger tiefe Kappe bildet oder in der Art eines schildförmigen Blattes ausgestaltet ist. Beides sind im Grunde auch nur Modificationen desselben Wachsthumstypus. Es finden sich alle möglichen Uebergänge von der Kappe und dem Schilde bis zur normalen Blattspreite, ebenso wie zwischen kappenförmigen, das Integument bildenden und zwischen flachen Ovularblättchen, die ich vor Kurzem (1875) in der Botanischen Zeitung besprochen und abgebildet habe.

Es wird jedenfalls bequem sein, die Bildung der Kappe von ihren geringsten Anfängen an zu verfolgen. Alle zu besprechenden Formen können Rudimente von Antherenfächern tragen, über deren Lage später das Nöthige gesagt sein soll. Es kommen aber auch eben solche und ähnliche Kappen vor, denen die Antherenfächer bereits gänzlich fehlen.

Im völlig verblatteten Zustand besitzt das Staubblatt eine flache expandirte Spreite, die in den Filamentstiel zusammengezogen ist; die Blattränder gehen in die Ränder des etwas abgeplatteten Stieles über (Fig. 15, 16). Der erste Anfang einer Kappe besteht nun darin, dass der Blattrand am Grunde der Spreite, anstatt in die Ränder des Stiels zu verlaufen, schief in die Quere auf der Oberseite des Spreitengrundes verläuft, als niedrige ungleich hohe Membran, welche bisweilen über dem Blattstiele endet, ohne sich mit dem anderen Blattrande,

[1]) Hierin gehe ich jetzt von meiner in Flora („Ueber epipetale Staubgefässe“) ausgesprochenen Ansicht, dass auch die Staubgefässe der Rosaceen durchwegs zusammengesetzt seien, ab. Für Poterium hat allerdings diese Auffassung ihre Richtigkeit.

der noch in den Blattstiel nach abwärts verlauft, zu vereinigen (Fig. 17), während sie sich in anderen Fällen mit dem Rande der anderen Seite vereinigt (Fig. 18, 19). Die Oberseite der Spreite ist hiermit von dem gerundet bleibenden Filamente scharf und deutlich abgesetzt. Wenn dieser quer über die Oberseite des Blattes verlaufende Rand in die Höhe wächst, so vertieft sich der Becher am Grunde der Antherenspreite immer mehr (Fig. 20, 21). Da der Becher, wie auch die vergrünten Ovularblättchen lehren, durch congenitales Verwachsen der in der Querzone zusammentreffenden Blattränder zu Stande kommt, so erklärt es sich, wenn in Fig. 20 an der Verwachsungsstelle eine kielartige Linie an der Aussenseite des Bechers in den Filamentblattstiel herabläuft. Ein eigentlicher Becher oder Kappe entsteht jedoch nur, wenn das Breitenwachsthum der Spreitenbasis geringer ist, das Wachsthum der Querzone der verschmelzenden Blattränder also mehr in der Richtung des Blattstiels nach aufwärts stattfindet. Dagegen entsteht ein flacheres schüssel- oder schildförmiges Gebilde, wenn der quere Rand und die Blattspreite in einer zum Blattstiel mehr rechtwinkeligen Richtung wächst, mit anderen Worten, wenn die Basis der kappenförmigen Blattspreite ein starkes Breitenwachsthum besitzt. Schüsselförmige Antherenspreiten zeigen Fig. 22, 23. Schon ganz schildförmig ist die Antherenspreite in Fig. 25, dann in Fig. 29, 30, mit welchen der Uebergang in den normalen Staubbeutel gegeben ist.

Eine sehr interessante Umbildung des Staubblattes, die ich nur einmal in der Blüthe meiner Zimmercamellie fand, stellt Fig. 31 dar. Die Antherenspreite war in eine ganz ausgezeichnete hohe Kappe verwandelt, am Blattstiel aber und zwar auf dessen Aussenseite sass eine blattartige Ausbreitung, bis gegen die Basis des Stieles verlaufend, mit wohl differenzirter physiologischer Oberseite, welche also der gleichen verkehrten Oberseite der Blattspreite entsprach. Wahrscheinlich würde ich diese Bildung eines Staubblattes gar nicht verstanden haben, wenn ich nicht zuvor die Vergrünungen der Eichen von Alliaria studirt hätte. So aber fiel mir sofort die frappante Aehnlichkeit dieser Form mit den in Fig. 13—20 meiner Abhandlung in Bot. Zeitung 1875 dargestellten verlaubten Eichen auf, welche Aehnlichkeit nicht etwa zufällig ist, sondern auf morphologisch gleichen Vorgängen hier am Staubblatt, dort am Ovularblättchen be-

ruht. Es entspricht die aus dem Filament hervorgewachsene Spreite, die füglich Filamentspreite genannt werden kann, vollkommen der Funicularspreite der erwähnten Eichen und ist ebensowenig ein Bestandtheil des normalen Staubgefässes, wie die Funicularspreite ein Bestandtheil des normalen Eichens. Beide abnormen Spreiten sind Folge fast gleichzeitiger Verlaubung und Kappenbildung. In Folge der Verlaubung breitet sich auch der Filamenttheil des Staubblattes (beziehungsweise der Funiculartheil des Ovularblättchens) spreitenartig aus; nachdem aber bereits früher die Kappe angelegt worden sein muss, so kann sich dieser Spreitentheil mit dem in der Kappe enthaltenen Spreitentheil nicht vereinigen, er bleibt gesondert und verlaubt zu einer besonderen Spreite, die nach dem Gesetz der Umkehrung der Spreiten mit ihrer physiologischen Unterseite gegen die Aussenfläche der Kappe gekehrt ist, die ja nach der Art ihrer Entstehung durchaus der physiologischen Unterseite des Blattes entspricht. Zwischen der Kappe und der oberen Abtrennungsstelle der Filamentspreite (beziehungsweise Funicularspreite) vom Filament bleibt ein nicht differenzirter, d. h. thatsächlich der Blattunterseite entsprechender, stielrundlicher Theil der ursprünglichen Blattanlage, durch den eben beide Spreitentheile getrennt sind. Wir können uns das Entstehen der merkwürdigen, morphologisch so interessanten Bildung des Staubblattes Fig. 31a durch Fig. 31b veranschaulichen. An der noch stielrundlichen Blattanlage haben sich zwei durch einen undifferenzirten Theil getrennte (in der Figur punktirt angedeutete und schattirte) Oberflächen gebildet, von denen die obere durch weiteres, von den Rändern ausgehendes Breitenwachsthum die Kappe, die untere die Filamentspreite gebildet hat. Bestände das mittlere undifferenzirte Stück der Blattanlage nicht, so würden beide Oberflächen in eine zusammenfliessen, und würde bei gleichem Wachsthum beider Theile nur eine grössere Oberseite daraus hervorgehen. Am normalen Staubgefäss (und an den abnormen der Fig. 18—25) der Camellia und am normalen Ovularblättchen der Alliaria ist zwar die Kappenbildung, aber keine Verlaubung des stielartigen unteren Theiles vorhanden, am normalen grünen Laubblatte ist zwar die Verlaubung, aber keine Kappenbildung; Beides zusammen kann allerdings nur an den verlaubten Uebergangsformen gefunden werden.

Die genaue Uebereinstimmung der kappenförmigen (schildförmigen)

Staubblätter der Camellie mit den vergrünten kappenförmigen Ovularblättchen giebt gewiss eine sehr überzeugende Bestätigung dessen ab, dass ich die vergrünten Eichen von Alliaria im Sinne der Brongniart-Cramer'schen Theorie richtig gedeutet habe, dass insbesondere das innere Integument kein selbständiges Blatt und der Funiculus keine Achse (kein Kaulom) ist. Oder könnte heutzutage noch Jemand geneigt sein, das Filament der Camellie für eine Achse und deren Kappe für ein Blatt derselben anzusehen? Eine derartige Deutung würde an die von Agardh und Endlicher für das Staubgefäss gegebene nahe herantreten, nach welcher das Staubgefäss eine Achse mit 2 Blättern (beide Antherenhälften) darstellen sollte. Nicht ohne Consequenz hat Endlicher als einer der Ersten die Samenknospenthorie des Eichens akceptirt und dem Ovulum den unrichtigen Namen Gemmula gegeben, den Schleiden mit dem Worte Samenknospe verdeutscht hat. Endlicher's Deutung des Staubgefässes ist längst glücklich antiquirt, seine analoge Auffassung des Eichens wird unausweichlich dasselbe Schicksal treffen.

Die Fig. 31 und weitere Uebergänge der Staubgefässe in Blumenblätter (z. B. Fig. 34) lehren ferner, dass das Filament, obschon mit einem stielrundlichen Blattstiel morphologisch übereinstimmend, doch nicht dem Blattstiel eines expandirten Laub- oder Blumenblattes derselben Pflanze zu entsprechen braucht und, wie eben hier und vielfach anderwärts, durch Contraction oder genauer durch das Unterbleiben der Expansion (des Wachsthums) in die Breite eines sonst expandirten, also der Blattspreite zugehörigen Theiles entstanden sein kann. Die von Göthe gedachte Expansion und Contraction der Blüthenblätter hat somit, insoweit sie auf die Petala und Stamina der meisten (nicht aller) Blüthen bezogen wird, ihre volle Richtigkeit.

Nachdem ich die allgemeine Gestaltung des Staubblattes in den gefüllten Blüthen der Camellie dargestellt habe, übergehe ich zu den Pollenfächern selbst. Sehr häufig ist nun wieder die Antherenspreite, besonders so lange sie völlig flach ist, ungleichseitig und die Fächer daher auch auf beiden Seiten sehr ungleich. An dem bei mir kultivirten Stocke sind die Pollenfächer der gefüllten Blüthen durchweg sehr kurz im Verhältniss zur Breite, in den Blüthen des Prager kgl. botan. Gartens viel mehr längs gestreckt, ähnlich wie bei Rosa chinensis. Die Partie des blumenblattartigen Staubblattes, welche die Säckchen trägt,

ist indess in beiden Fällen durch eine Wucherung des Parenchyms polsterförmig verdickt (Fig. 15b, 23b, 32b). Zwei Fächer (jedoch wegen der Umkehrung der Flächen die vorderen) sind in allen Fällen und in allen Verblattungsgraden der Anthere wie bei der Monatsrose randständig, jedoch wiederum mehr nach der physiologischen Oberseite, hier also auf die Aussenseite gerückt, so dass sie mit den mittleren beisammen liegen (Fig. 25, 28, 29, 30, 32). Diese randständigen Fächer reichen fast immer bis zum Grunde des antherenbildenden Blatttheils, gegen die blattige, fächerlose Spitze des Blattes gehen sie in den dünneren petaloiden Blattrand allmählich über. Die physiologische Unterseite des Blattes ist von ihnen durch eine tiefere Furche sehr scharf abgetrennt; niemals aber verläuft der Blattrand in den Rand dieser Furche, so dass die randständigen Pollenfächer gänzlich der Oberseite angehören würden, sondern, wie gesagt, stets in das Pollenfach selbst. Die seitlichen Fächer sind sehr entschieden Auftreibungen (Protuberanzen) des Blattrandes selber, wenn auch in stärkerem Maasse auf der Oberseite. Die Bildung derselben hemmt das Breitenwachsthum der Antherenspreite, was besonders deutlich an den ungleichseitigen Spreiten hervortritt (Fig. 15, 32, 33, 34). Sie schwinden in weiter vorgeschrittenen Umbildungen der Anthere, wie es scheint, ganz allgemein früher als die mittleren, daher sich häufig Spreiten finden, an denen nur die mittleren Fächer zu sehen sind (Fig. 16, 17, 19, 20, 21). Bei eclatanter Ungleichseitigkeit der Antherenspreite ist es besonders klar, dass das mittlere Fach der verblatteten Seite länger verbleibt, als das randständige.

Die beiden mittleren Pollenfächer sind anfangs (d. h. bei minder heftiger Verblattung) noch den randständigen ähnlich, liegen ihnen dicht an (Fig. 25, 30, 35 u. s. w.) Verblattet nur die eine Seite beträchtlich, so entfernt sich wohl auch das derselben angehörende Fach von dem mittleren Fache der anderen Seite (wie in Fig. 34). Eigenthümlich ist die Erscheinung, dass die mittleren Fächer nicht selten bogig verkrümmt und in Theilfächer, wenigstens äusserlich, zerlegt vorkommen. So z. B. ist in Fig. 24 das rechte mittlere Fach in ein längeres unteres und ein kürzeres oberes Fach zertheilt, ja rechts neben dem längeren Theilfach befindet sich noch ein sehr kleines Fach (alle mit wohl entwickeltem Pollen erfüllt). Noch mehr verkrümmt sind die beiden mittleren Fächer der Fig. 28, ein

ganz kleines Fach ist abermals mitten zwischen ihnen von einem derselben abgetrennt. Da in diesen beiden Fällen die randständigen Fächer (beide oder eines) noch vorhanden sind, so ist die Zerfällung augenscheinlich. In Fig. 16 und 17 fehlen aber die randständigen Fächer ganz, in Mitten der Fläche sitzen aber Gruppen von 3—4 kleinen Fächern. Ohne Kenntniss solcher Antheren, wie sie Fig. 24 und 28 zeigen, könnte man zweifeln, ob nicht die randständigen Fächer in der Verblattung nach der Mitte gerückt seien. Dies findet jedoch nach zahlreichen Umbildungsformen zu schliessen, sicher nicht statt, und die Gruppen kleiner Fächer erklären sich durch Krümmung und Zerfällung der längeren Originalfächer. In Fig. 15 ist jedoch das kleine Fach links auf der ungleichseitigen Spreite wirklich noch ein Ueberrest des randständigen Faches, und selbst echt randständig.

In Fig. 33 ist die rechte Theka noch ziemlich wohl entwickelt, das linke mittlere Fach beginnt zu schwinden, es beschränkt sich auf 2 getrennte, aber in derselben Linie hinter einander liegende, kleine, pollenleere Anschwellungen. Sehr eigenthümlich ist Fig. 34. Die linke Antherenhälfte nebst dem Filament sind verblattet, die rechte Theka noch wohl ausgebildet, das mittlere Fach derselben geht aber am oberen Ende in ein blumenblattartiges, röthliches Läppchen aus. Daneben befand sich ein zweites dunkler purpurn gefärbtes, getrenntes Läppchen als Auswuchs der Blattfläche, welches ohne Zweifel als das zum linken mittleren, bereits verkürzten Pollenfach zugehörige, allein wie in Fig. 33 abgetrennte, verblattete obere Stück desselben zu betrachten ist. Die mittleren Antherenfächer können sich also auch blattig ausbilden, wiewohl dies nur selten und nur theilweise geschieht. In Fig. 35 haben sich beide mittleren Fächer nach abwärts in ein Fach vereinigt, und nach oben (von der punktirten Linie an) gehen sie in zwei freie vom Blatte abgesonderte blattartige Spitzen aus. Dieselben erinnern auffallend an das zweispitzige Krönchen mancher Sileneen, die beiden mittleren Pollenfächer sind demnach passend den Flügelleisten am Nagel mancher Sileneen zu vergleichen. Doch darauf werde ich später noch zurückkommen. Auch die am Grunde becherförmige Antherenspreite der Fig. 18 trägt nächst dem unregelmässig ausgeschnittenen und verzerrten linken Rande ausser 3 am Rande und neben demselben befindlichen Pollen-

säckchen mehr nach der Blattfläche zu 2 petaloide Läppchen, deren eines flach, das andere sogar tutenförmig gebildet ist. Gewiss sind auch dies umgewandelte Theile der medianen Pollenfächer, wiewohl es wegen der verschobenen und verkrümmten Stellung nicht sicher zu entscheiden war, ob sie aus demselben mittleren Fache, oder, was wahrscheinlicher ist, aus beiden mittleren Fächern hervorgegangen waren. Die tutenförmige Bildung des einen Läppchens wiederholt sogar frappant die Bildung eines Eichens auf dem Carpelle. Noch sei in dieser Beziehung auf Fig. 28 hingewiesen, in welcher das linke mittlere Fach nach oben in ein gekerbtes, wulstartiges, der Blattfläche aufgewachsenes und auch das rechte mittlere Fach umsäumendes Läppchen ausging. Und in Fig. 23 erhebt sich aus der Spreite nahe der Basis eine polsterförmige, ringsumschriebene kleine Emersion, die nur an der rechten Seite ein Pollenfach besitzt.

An den am Grunde kappenförmigen Antherenspreiten waren die mittleren reducirten Fächer vom Bechergrunde oft noch weit entfernt (Fig. 17, 20, weniger in Fig. 19). Auf den sanft vertieften schüsselförmigen Spreiten sassen sie jedoch am vertieften Grunde derselben (Fig. 21, 22); in Fig. 22 nur ein mittleres Fach und ein randständiges Fachrudiment links etwa in gleicher Höhe.

In jenen schildförmigen Formen, die sich dem Bau der normalen Anthere am meisten nähern, sitzen dann die Pollensäckchen ganz am Grunde der Antherenspreite und reichen, wenigstens die hinteren von ihnen, bis an den unteren Rand des Schildes (Fig. 24—28). In Fig. 25 stossen die beiden hinteren randständigen Fächer mit den unteren Enden zusammen, die beiden vorderen Fächer liegen etwas höher in dem von jenen gelassenen dreieckigen Raume. In Fig. 27 sind nur zwei breitere randständige Fächer, welche die ganze Breite der schildförmigen Kappe einnehmen; sie dürfen wohl als die beiden durch Verschmelzung zweier Fächer einfächrigen Theken betrachtet werden, wenn man nicht die mittleren Fächer für gänzlich unterdrückt ansehen will. Vollkommenere Annäherung an die normale Anthere zeigen Fig. 29 und 30, deren langgestreckte Fächer auf der im oberen Theile bereits mehr reducirten Antherenspreite weiter hinauf reichen. Wenn dann die Blattsubstanz oberhalb der Fächer gänzlich schwindet,

die randständigen Fächer mit den oberen Enden auf der Innenseite des Staubblattes ebenso zusammenstossen, wie die mittleren auf der Rückseite (physiologischen Oberseite), so ist im Wesentlichen Form und Bau der normalen Anthere erreicht.

3. Verblattete (verlaubte) Staubgefässe von Dictamnus albus.

Die morphologisch sehr interessanten Vergrünungen der Staubgefässe des Dictamnus albus haben schon in früher Zeit die Aufmerksamkeit der Botaniker auf sich gezogen, so namentlich Turpin's[1]) und Eisenhardt's[2]), ohne indess von ihnen für die Morphologie weiter verwerthet worden zu sein. Mir standen sie in denselben vergrünten Blüthen zu Gebote, deren Umbildungen der Ovula ich in Flora 1874 beschrieben habe. Sie widerstehen in der vergrünten Blüthe der Rückbildung am längsten und ihre Träger sind oft noch fadenförmig, wenn schon die Fruchtblätter ganz verlaubt, offen und ohne eine Spur von umgebildeten Eichen anzutreffen sind. Die so späte Verlaubung, die auch anderwärts ziemlich allgemein vorkommt, ist ein Zeichen, dass die Metamorphose des Staubgefässes in der Blüthe die intensivste, die am tiefsten eingreifende ist.

Jene Formen, die dem normalen Staubgefäss nach am nächsten stehen, besitzen noch ein fädliches Filament, welches in die vertiefte Basis der 4kantig-walzigen Anthere zwischen den beiden Theken sich inserirt (Fig. 36). Die Fächer jeder Theka sind am Grunde nicht vollständig gesondert, wie meistens bei der Rose und Camellie (obwohl sie auch da in seltenen Fällen, wie in Fig. 28 am Grunde zusammenfliessen können), sondern die Furche (Sutur) zwischen ihnen hört noch vor dem unteren Ende der Theka, sich verflachend und verbreiternd, auf; und diese beide Fächer verbindende Basis ist es, die zuerst grün und pollenlos auftritt und öfter in ein kleines Läppchen etwas vorgezogen ist.

Weiterhin verbreitert sich der überhaupt dickere Staubfaden nach oben unter der Anthere, so dass seine Spitze nicht mehr von letzterer abgesetzt erscheint; die Anthere wird mehr kegelförmig, d. h. von der

---

[1]) Atlas de Göthe. Tab. 4 Fig. 33. 34. (nach Schauer in Moquin-Tandon's Teratologie.)

[2]) Linnaea von D. v. Schlechtendal 1828. S. 578 und 587.

breiten Basis bis zur Spitze verschmälert, die Furche zwischen den Fächern jeder Theka vertieft sich (Fig. 37). Auf weiteren Stadien der Vergrünung (nicht etwa der Entwickelung!) vergrössert sich nun die umgebildete Anthere, ihre Fächer bleiben nur im oberen, zur Blattspitze zusammenlaufenden Theile angeschwollen, gelblich, mit Pollen erfüllt, während sie nach unten zu in blattartige, drüsig-gesägte, grüne Ränder übergehen. Die hinteren (randständigen) Loculamente gehen in den eigentlichen normalen Blattrand des Staubblattes über, welcher jedoch nicht auf das Filament hinabgeht, sondern im Bogen umkehrt und zu je einem mittleren Staubfach emporsteigt, in welches er allmählich übergeht (Fig. 38). Nur die Spitze der so umgewandelten Anthere ist noch ihrer eigentlichen Bestimmung gemäss antherenartig ausgebildet, der grösste untere Theil ist bereits pollenlos, vergrünt. Es muss besonders hervorgehoben werden, dass nur die vertieften, von den 4 Blatträndern umschriebenen, aus den ursprünglichen Suturfurchen erbreiterten Flächen beider Antherenhälften eine intensiv grüne physiologische Oberseite aufweisen, die nur bis zu den drüsig-gesägten Rändern reicht, und dass sowohl die ganze Rückseite des Staubblattes als auch der zwischen den vorderen (oder mittleren) Drüsenrändern längs der Mittellinie, und später auch des Mittelnerven liegende und in das Filament gränzenlos übergehende Blatttheil, wie das ganze Filament nur die matte, blassgrüne Beschaffenheit der physiologischen Unterseite besitzt. Es hat sich somit jederseits am Staubblatt, und zwar auf seiner Oberseite längs des Mittelnerven je eine neue Spreitenemersion gebildet, die nach dem Gesetze der Umkehrung der Flächen ihre Oberseite gegen die Oberseite der ursprünglichen Spreitenhälfte, ihre Unterseite gegen die Unterseite der anderen parallelen Spreitenemersion kehrt. Diese beiden Spreitenemersionen sind aber aus den beiden vorderen Antherenfächern hervorgegangen. Ein solches Blatt kann schon hiernach passend als doppelspreitig (bilaminär) bezeichnet werden, welche Benennung späterhin noch besser einleuchten wird.

Die folgenden Vergrünungsgrade rechtfertigen noch mehr diese Benennung. Es besteht die jetzt folgende Vergrünung darin, dass die beiden gesägten Ränder jeder Blatthälfte an dem zur Basis zwar verschmälerten, aber nicht mehr filamentartig zusammengezogenen Blatte bis tief gegen die Basis hinablaufen, wo sie in sehr spitzem Winkel

zusammenfliessen (Fig. 39). Dadurch entsteht der noch weiter zu prüfende Anschein, als ob der ursprünglichen Spreite des Staubblattes oberseits eine zweite verkehrte Spreite und zwar in einem längsverlaufenden medianen Streifen angewachsen wäre. Hierdurch wird das Staubblatt 4flügelig. Da sich aber die gleichseitig gelegenen Ränder beider Spreiten am Grunde noch immer vereinigen, so sind noch immer zwei gesonderte, je zwei Flügeln des Blattes gehörende Oberseiten vorhanden. Turpin hat derartige Blätter im Atlas de Goethe abgebildet und Schauer bemerkt zu den in Moquin-Tandon's Teratologie citirten Figuren: „das Blatt ist 4flügelig und deutet so noch auf die Bildung der Anthere hin.“ Auch Eisenhardt hat diese Bildung als 4flügelig beschrieben.

Die beiden gesonderten Oberseiten verliefen öfter ungleich tief am Blatte, und eine grössere Ungleichseitigkeit machte sich bisweilen in der Weise geltend, dass wie in Fig. 40 die eine Hälfte tief hinab 2flügelig war, die andere aber hoch hinauf gerundet filamentartig, und oben in eine der Fig. 38 entsprechende Theka endigte. Die folgende Umbildungsstufe unterscheidet sich nun dadurch von der vorhergehenden, dass die von den sehr reducirten und oft gar nicht mehr als solche erkennbaren mittleren Loculamenten herablaufenden Flügel sich abwärts mit einander an der Mittelrippe vereinigen, anstatt mit den primären, den hinteren Fächern entsprechenden Blatträndern. Die Ausbildung dieser medianen Flügel ist sehr verschieden, bald reichen sie bis nahe zum Blattgrunde (Fig. 41), bald sind sie nur auf einen oberen grösseren oder kleineren Theil des Blattes beschränkt (Fig. 42). Auch die letztere Form erwähnt schon Eisenhardt. Die Blattoberseite ist bereits bis auf die von den kleinen Flügeln belegten kurzen Streifen normal und kontinuirlich ausgebildet. Die vorderen pollenbildenden Fachrudimente sind dann schon klein und unscheinbar oder fehlen gänzlich, während die hinteren Fächer oft noch gelblich gefärbt und angeschwollen sind wie in Fig. 44. Die medianen Flügel sind bisweilen auf einen schmalen beiderseits zackiggezähnten Wulst reducirt, der nach oben und unten in den Mittelnerven übergeht. In allen jenen Fällen, wo sich die beiden vorderen Spreitenflügel am Mittelnerven vereinigen, ist dieser nach abwärts ungewöhnlich verdickt, leistenartig hervortretend, besonders im Ver-

gleich mit den vergrünten Petalen und Fruchtblättern dieser Blüthen, worauf ich noch zurückkomme.

Endlich schwindet jede Spur nach den medianen Fächern, das Staubblatt stellt ein einfaches, lanzettliches, gezähntes Blatt dar, das bisweilen noch in eine längere, ganzrandige, Spuren der hinteren Antherenfächer zeigende Spitze ausgeht. Das frühere Schwinden der mittleren Antherenfächer deutet auf eine spätere Anlage derselben im Verlaufe der Entwickelung hin, was auch für manche andere Antheren die Untersuchungen Warming's bestätigen (Pollenbildende Phyllome und Kaulome Taf. 2. Fig. 1. 2. Taf. 3. Fig. 1. 2.)

Es verdient noch besonders bemerkt zu werden, dass sämmtliche Staubgefässe in der Vergrünung sich gleich verhalten, indem bei allen die secundären, zuletzt schwindenden Flügel aus der normal nach Innen gelegenen Oberseite der primären Spreite entspringen und die physiologische Unterseite bei allen wirklich nach unten und aussen gekehrt ist. Dies ist von Bedeutung, weil es auf die epipetalen Staubgefässe der sog. Obdiplostemonen ein Licht wirft. Bekanntlich ist die Blüthe von Dictamnus obdiplostemon, d. h. die epipetalen Staubgefässe entstehen „interponirt" oder „eingeschaltet" zwischen und nach den episepalen, während die Carpelle mit den letzteren alterniren. Von den verschiedenen Erklärungsarten[1]) der Obdiplostemonie erfreut sich die von St. Hilaire vorgeschlagene bei einigen Botanikern einer besonders günstigen Aufnahme.[2]) Nach dieser Theorie sollen jedes Blumenblatt und darüber stehendes Staubgefäss nur bis auf den Blüthenboden getrennte (serial dedoublirte) Abschnitte eines Blattes sein, weshalb bei den Onagraceen das Staubgefäss sogar aus der Basis der Blumenblattanlage sich erhebt. Wäre diese Deutung richtig, so müssten Petalum und Stamen in der Vergrünung beider oder in der petaloiden Umbildung der letzteren ihre homologen Seiten gegen einander wenden, nämlich die Staubgefässe müssten, als hörige Theile der Petala, ihre physiologische Oberseite aussen haben, ebenso wie die in der That unselbständigen Theilblättchen entsprechenden Stamina der Camellie, wie die Emersionen der Blumenblätter (Nebenkronen von Nerium, Narcissus, Apocynum, Nectariumschüppchen von Ranun-

[1]) S. Flora 1875: Ueber den „eingeschalteten" epipetalen Staubgefässkreis.
[2]) S. z. B. Eichler's Blüthendiagramme, Seite 335—338.

culus) es thun. Das ist nun, wie gesagt, nicht der Fall, sondern Blumenblatt und Kronstaubblatt bilden wie alle anderen selbständigen Blätter der Dictamnusblüthe ihre physiologische Oberseite nach Innen aus. Die Vergrünungen von Dictamnus liefern somit durchaus keine Bestätigung der St. Hilaire'schen Theorie, und es darf von Dictamnus auf die übrigen Obdiplostemonen geschlossen werden, deren epipetale Staubgefässe zweifelsohne auch selbständige Blätter sein werden.

Die ganze hier geschilderte Vergrünungsgeschichte der Staubgefässe von Dictamnus gehört, wie zu sehen, einem besonderen Typus an, der von dem der Rosen und Camellien bedeutend abweicht. Ich unterscheide daher einen doppelten Typus der Reduction des Staubgefässes.

1. Der acrothecische Typus der Vergrünung, der bei Dictamnus vorkommt, ist dadurch characterisirt, dass die Antherenfächer jeder Theka lange am Grunde vereinigt sind und in höheren Rückbildungsformen vereinigt bleiben, dabei früher im unteren Theile blattartig werden und damit zur Bildung eines 4flügeligen, bilaminären Blattes Anlass geben, während der pollenbildende Antherentheil stets die Spitze des Staubblattes behauptet.

2. Der basithecische Typus der Rosen und Camellien äussert sich in der Verblattung darin, dass die Fächer jeder Theka meist frühzeitig gesondert sind und besonders die randständigen, wenigstens in den ersten Uebergangsstadien, bis zur Basis der Antherenspreite unverändert und pollenführend herabreichen, wogegen die Blattspreite über ihren oberen Endtheilen von den Anfangsstufen der Verlaubung an und immer mächtiger sich ausbreitet. Die mittleren Fächer verlauben entweder gar nicht oder spät und selten an ihrer Spitze, in freie Blattläppchen sich umwandelnd.

Ob es noch mehrere Umbildungsweisen der Staubgefässe oder ob es nähere Uebergänge zwischen den beiden von mir beobachteten giebt, müssen weitere, mit grösserer Genauigkeit als bisher meistens ausgeführte Untersuchungen lehren.

Der acrothecische Typus ist gewiss nicht auf Dictamnus beschränkt. Die schöne Reihe von Umbildungen der Antheren von Sempervivum tectorum, die Mohl l. c. Taf. 1. Fig. 15—25 abgebildet hat, gehört ebenfalls diesem Typus an. Dies ist bis jetzt

auch die einzige mir bekannte hinreichend vollständige und zusammenhängende Umbildungsgeschichte der Staubgefässe gewesen, die wir überhaupt besassen. Engler wiederholt in seinen neuesten „Beiträgen etc." Taf. 24 im Wesentlichen die Abbildungen Mohl's, giebt aber eine etwas abweichende Deutung, auf die ich noch zu sprechen komme. Die Staubblätter wandelten sich dabei nicht in Laubblätter, sondern, wie das bei unserem Hauslaub bekanntlich Regel ist, in Carpelle um. Es kam dabei nicht so vollständig zur Bildung des bilaminären Blattes, was eben der Bildung eines Carpells zuzuschreiben sein mag, aber die bei Dictamnus vorausgehenden Umbildungsstadien fanden sich auch beim Hauslaub wieder. Nur der eine Unterschied gab sich kund, dass die hinteren, randständigen Fächer früher als die mittleren (und vorderen) verloren gingen, was ein Moment von untergeordneter Bedeutung ist.

Nach Wydler bilden sich die Antheren der Umbelliferen in Vergrünungen ebenfalls 4flügelig, und dieser citirt Engelmann's Abbildungen von Torilis anthriscus in der Schrift de antholysi (die ich leider nicht kenne und nicht auftreiben konnte).

Ueber die Umbelliferen liegt aber noch eine neuere teratologische Arbeit von Peyritsch vor, betitelt: Ueber Bildungsabweichungen bei Umbelliferen (Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften LX. Bd. 1. Abth. Wien 1870). Daselbst sind auf Taf. IV. für Torilis anthriscus zwei verlaubte doppelspreitige Antheren abgebildet. Die secundären (auf der Innenseite stehenden) Fächer sind zwar vollkommener verblattet, als ich sie bei der Camellie fand, reichen aber bei Weitem nicht bis zur Spitze der Hauptspreite, wohl aber zur Basis derselben; die Antheren sind auch sonst den verblatteten Antheren der Camellie ähnlich, auch schildförmig, sie gehören offenbar dem basithecischen Typus an. Bemerkenswerth ist, dass die „zwei Wülste oder lanzettlichen, blattartigen Ausbreitungen (der Emersionsspreite) mit ihrem dem Mittelnerv zugekehrten Rande nach der ganzen Länge oder nur in der unteren Hälfte daselbst angewachsen waren", also ähnlich wie in meiner Fig. 35. Dagegen stimmen die Abbildungen verlaubter Staubgefässe von Carum carvi und die Beschreibung, die Peyritsch von ihnen giebt, besser mit den verlaubten Antheren von Dictamnus. Die beiden oft gleich grossen und gleichartig fiederförmig gespaltenen Spreiten scheinen bis

zur Spitze vereinigt zu sein, doch reicht das Mitgetheilte noch nicht hin, um das Uebereinstimmende oder Abweichende vom Staubgefäss des Dictamnus mit Sicherheit beurtheilen zu können.

Dem basithecischen Typus gehört ausser den Rosen und Camellien die Lilie, ferner, soviel sich aus Mohl's mitgetheilten drei Abbildungen vorläufig urtheilen lässt, auch der Mohn (Papaver orientale), wenigstens insoweit, als die medianen Fächer von den randständigen vollständig getrennt und weit entfernt werden. Mohl sagt ferner, dass in gefüllten Blumen beim Uebergange in Blumenblätter beim Mohn und bei Nigella damascena, ebenso wie bei den Rosen, die Fächer einer Antherenhälfte auseinanderrücken und durch ein ziemlich breites Stück des Blumenblatts von einander getrennt werden. Verblattete Staubgefässe halbgefüllter Blüthen der Nigella damascena haben nach Mohl eine fiederiggespaltene Antherenspreite, an welcher in der Regel die beiden vorderen (mittleren) Pollenfächer neben dem Mittelnerven der Oberseite verlaufen, „während die beiden hinteren Loculamente den beiden untersten Blattlappen entsprechen, an deren Rande und zum Theile auf deren oberer Seite sie in einer solchen Richtung liegen, dass sie mittelst ihres unteren Endes mit dem vorderen Antherenloculamente zusammengränzen, mit ihrem oberen dagegen weit von demselben abstehen.“ Alles Verhältnisse, die mit den bei der Camellie und Rose beobachteten sehr nahe übereinstimmen.

Auch die petaloid umgebildeten Antheren von Sparmannia africana, welche Engler l. c. auf Taf. XXIII. Fig. 48 abgebildet hat, verhalten sich ganz gleich wie die Antheren der grünen Rose.

Es entsteht nun die Frage, ob der Unterschied des acro- und basithecischen Typus ein derartiger ist, dass ein jeder von ihnen auf eine besondere Entstehung, d. h. phylogenetische Ableitung hindeutet, oder ob beide als Modificationen eines gemeinsamen Bauplanes gelten können. Zum Zwecke der Beantwortung dieser Frage heben wir das Uebereinstimmende in allen genannten Umbildungen hervor und suchen wir daraus eine gemeinsame morphologische Deutung abzuleiten. Die übereinstimmenden Umbildungsthatsachen sind folgende:

1. Die hinteren (bei Camellia wegen Umkehrung der Flächen vorderen) Loculamente werden geradezu vom anschwellenden, im Inneren Pollenmutterzellen producirenden ur-

sprünglichen Blattrande selbst gebildet, und zwar entweder durch dessen gleichmässige und symmetrische Anschwellung und antheroidale (oder sporangiale) Ausbildung (Dictamnus) oder so, dass sie mit dem grösseren Theile ihrer Masse der (physiologischen) Oberseite angehören (Camellia, Rosa, Nigella, Sparmannia). Niemals gelangen sie jedoch vollständig auf die Oberseite, so dass sie sich in irgend einer Vergrünung oder Verblattung vom Blattrande entfernen würden.

2. Die vorderen Loculamente (bei der Camellie wegen der Umkehrung der Flächen die hinteren) sind besondere Auswüchse der physiologischen Oberseite des Staubblattes; ihrer morphologischen Dignität nach dürfen sie nicht für blosse Emergenzen in dem Sinne der meisten Neueren angesehen werden, also nicht für völlig homolog dem Eikern der sog. Samenknospe, weil sie bei Dictamnus in blattartige Lamellen, bei Camellia wenigstens theilweise in blattartige Läppchen sich umwandeln können. Es sind vielmehr blattartige Sprossungen (Emergenzen im Sinne Braun's, Emersionen nach Wydler's Ausdruck [1]), welche den ursprünglichen Blatthälften homolog sind und ganz ebenso wie diese durch Production von Pollen im Inneren und demzufolge durch Anschwellen und sonstige antheroidale Umbildung in Pollenfächer sich umwandeln. Die Gleichartigkeit aller 4 Fächer spricht ebenfalls dafür, dass die Loculamente der physiologischen Oberseite nicht Emergenzen (Metablastemen) entsprechen, weil die randständigen Fächer entschieden nicht Emergenzen der Oberseite, sondern Umbildungen des ganzen Blattrandes sind.

Das allgemeinste Resultat meiner Untersuchungen stimmt somit vollkommen mit dem von A. Braun und Wydler überein.

Die in der acro- und basithecischen Verblattungsweise liegende Verschiedenheit lässt sich nun durch Modificationen der normalen Entwickelung des Staubgefässes erklären. In diesem Punkte muss ich freilich eine Lücke in meiner Darstellung offen lassen für spätere Beobachtung der Entwickelungsgeschichte des Staubblattes von Dictamnus, Camellia, Rosa u. dgl. Ich kann vorläufig nur vermuthungs-

[1]) Ich denke, wir können den Namen Emergenz in dem jetzt allgemein gebräuchlichen Sinne beibehalten, für nicht blattartige Erhebungen; für die blattartigen aber Wydler's Terminus Emersion einführen (um das kreischende Wort Excrescenz für die Emergenz zu vermeiden).

weise aus den Umbildungen auf die Entwickelung zurückschliessen. Weil bei Dictamnus die Spitze der Anthere am längsten sich in der Vergrünung erhält, während der untere Theil der verlaubten Fächer pollenlos wird, so muss wohl die Differenzirung der Pollenmutterzellen von der Spitze der Antherenanlage ausgehen und basipetal fortschreiten; nur so erklärt sich, dass beim Eintritt des pathologischen Zustandes die weitere Differenzirung in der Basis der Anthere gehemmt wird. Umkehrt muss die Pollenbildung bei der Rose und Camellie von unten nach oben, doch sehr schnell fortschreiten, so dass ein kleiner Theil der mittleren Pollenfächer an der Spitze pollenlos bleiben und völlig verlauben kann. Bei Dictamnus scheint ausserdem der erste Anfang der beiden vorderen Blattemersionen früher stattzufinden, als die Differenzirung der pollenbildenden Zellenpartie in denselben, in Folge dessen die Emersion grösstentheils oder auch gänzlich verlauben kann, ohne Pollen zu bilden. Bei den Rosen und Camellien erfolgt wohl die erste Hervorwölbung der Emersionen ziemlich gleichzeitig mit der Anlage des Pollenfaches, daher die vorderen (bei Camellia hinteren) Fächer so selten und nur in geringem Grade an der Spitze verlauben können. Der Umstand, dass bei Dictamnus und bei der Rose die mittleren (den Blattemersionen angehörenden) Fächer früher in den Umbildungen schwinden, ist wohl darauf zurückzuführen, dass sich, wie bereits bemerkt, die hinteren Fächer normal früher zu bilden anfangen, als die vorderen (etwa wie bei Chrysanthemum und Symphytum nach Warming, l. c. Taf. 2 und 3).

Es ist mir überwiegend wahrscheinlich, dass die aus den zwar nicht zahlreichen, aber bei einzelnen Differenzen doch in der Hauptsache übereinstimmenden Beispielen sich ergebende Deutung des Staubgefässes für die meisten, ja wohl gar für alle Metaspermen (Angiospermen) gelten wird, wenigstens kann dies bis auf Weiteres angenommen werden. Die Gründe, welche Röper für die Ansicht anführte, nach der die Antherensutur dem Blattrande entsprechen, die vorderen Fächer also auf der Ober-, die hinteren auf der Unterseite des Staubblattes entspringen sollen, welche Mohl für gewisse Fälle, z. B. für manche Euphorbien gelten lassen wollte, wie z. B. die rothe Färbung und Behaarung der Blattränder und der Antherensutur derselben Pflanze, scheinen mir von zu geringem Belang zu sein, um ohne genaueren Nachweis selbst nur in einzelnen Fällen

eine Ausnahme von der für die wohl bekannten Umbildungsbeispiele gewonnenen Deutung zu begründen. Von sonstigen genauer untersuchten Vergrünungen der Staubgefässe sei noch auf die Umbildungen der Carpelle der Weide in Staubgefässe (mitgetheilt von H. Müller in Bot. Zeitg. 1868. S. 843) hingewiesen. Die ersten Antherenfächer, die auftraten, waren die randständigen, die sich auch wirklich wieder aus dem anschwellenden Rande der beiden oberwärts getrennten Fruchtblätter bildeten. Später gesellten sich zu ihnen die vorderen Fächer auf der Innenseite des Fruchtblattes. Schimper sah (Flora 1829 Bd. 1. S. 424) ebenfalls auf der inneren Wand der Ovarien von Primula acaulis Antherenfächer.[1]) Die von F. Müller in Bot. Zeitg. 1870. Taf. 2. dargestellten Uebergänge von Staubgefässen einer Begonia in Carpelle sind hier insofern erwähnenswerth, als die beiden Theken wieder ausnahmslos den beiden Rändern der Staubblätter aufsassen, und zwar der Oberseite, welche auch die Ovula erzeugte. Jedoch rückten die beiden Fächer einer Theka niemals auseinander.

Von allen diesen Vorkommnissen stark abweichend ist aber die Angabe Mohl's über Carpelle von Chamaerops humilis, welche von ganz normalen Ovarien nur dadurch verschieden waren, dass zu beiden Seiten der Bauchnath und zwar auf der äusseren Seite des Ovariums ein gelber Wulst der Länge nach verlief, welcher beim Durchschnitte des Ovariums sich als eine durch die gewöhnliche Scheidewand in zwei Loculamente getheilte, mit Pollen erfüllte Theka erwies. Da nach allgemeiner Regel die Blattränder in der Bauchnath verwachsen sind, so würden alle 4 Fächer der Unterseite des Carpells angehört haben. Bevor dies aber zweifellos zugegeben werden mag, sollte doch erst noch die Bestätigung durch Vergrünungen der Staubgefässe abgewartet werden. Es wäre nämlich noch möglich, dass das Carpell von Chamaerops doch nicht mit den eigentlichen Rändern verwächst, sondern mit einem Processus der Innenfläche, so dass doch die hinteren Pollenfächer dem wahren Blattrande entsprechen würden. Unmöglich ist das nicht, da das Gegentheil öfter,

[1]) So glaube ich mit Mohl die Stelle verstehen zu müssen, obwohl Schimper von „Antheren“ auf der inneren Wand spricht. Ueberhaupt sei hier das Bedauern ausgesprochen, dass die reichen und interessanten teratologischen Erfahrungen K. Schimper's, von ihm meist nur flüchtig angegeben, für die Morphologie grösstentheils wie verloren sind.

z. B. bei Dictamnus, bei den Cruciferen vorkommt, deren Ovula, obzwar nach dem Zeugnisse der Vergrünungen sicher aus Randzipfeln des Carpells metamorphosirt, in der normalen Entwickelung (Payer Taf. 44) weiter aus der Innenfläche des Carpells zu entspringen scheinen, weil ein Processus der Rückseite des Fruchtblatts, der auch in Vergrünungen noch gesehen wird, den Blattrand nachahmt und als Verwachsungsstelle dient.

Mohl (und nach ihm auch Sachs) hielt es für wahrscheinlich, dass die Staubblätter mit auswärts gekehrten und aussen aufspringenden Beuteln die Staubfächer auf der Unterseite tragen. Vergrünungen normal extrorser Antheren sind mir nicht bekannt; ich kann daher diese Annahme nicht direkt widerlegen. Dennoch schliesse ich mich durchaus der Ansicht von Neumann, Braun und Engler an, dass die extrorsen Antheren nur eine unwesentliche Modification der Antheren mit lateralen und introrsen Theken darstellen, dass sie nämlich nur durch überwiegendes Wachsthum und dadurch verursachte Convexität der Innenseite zu Stande kommen. Engler beweist es aus der Entwickelungsgeschichte (Iris Taf. 33. Fig. 49, 50), ich kann auf die in meinen Figuren 13 und 14 abgebildeten Antheren der Camellie hinweisen. In der normalen Anthere sind die Theken vollkommen seitlich (Fig. 13), in manchen gefüllten Blüthen aber findet man zwar noch wohlgeformte, durchaus nicht verblattete, doch aber entschieden extrorse Antheren (Fig. 14). Offenbar sind es also nur secundäre Aenderungen in der Wachsthumsintensität beider Seiten, welche die verschiedenen, zwischen introrsen und extrorsen schwankenden Formen der Anthere bestimmen; ein Schluss auf eine verschiedene morphologische Bedeutung dieser Antheren ist an und für sich durchaus unzulässig. Dass die extrorse und introrse Bildung der Anthere einen Unterschied von untergeordneter Bedeutung begründet, beweist auch schon das Vorkommen beider in einer Familie, z. B. bei den Ranunculaceen, Colchicaceen, ja sogar in derselben Blüthe (bei Polygonum-Arten und nach Le Maout und Decaisne bei Commelyna nilagirica).

Dagegen scheint es keinem Zweifel zu unterliegen, dass die Pollenfächer der archispermen Coniferen und Cycadeen aus der Unterseite der Staubblätter entspringen, ebenso wie die Sporangien der Equiseten und der echten Farne. Die Sporenblätter der letzteren, besonders der

Gleicheniaceen und Marattiaceen mit ihren Sporangien sind den Staubblättern der Cycadeen,[1]) die der Equiseten den Staubblättern der Coniferen entsprechend gebildet.

Fragen wir nun, welcher kryptogamen Gruppe die Metaspermen in Bezug auf Antherenbildung am nächsten stehen, so liegt die grösste Aehnlichkeit im Baue der Anthere der Metaspermen mit dem Sporenblatt der Ophioglosseen sehr nahe. Diese Aehnlichkeit hat schon der scharfsinnige Mohl gebührend hervorgehoben. Die bezeichnende Stelle lautet (Vermischte Schriften S. 100: Morphologische Betrachtungen über das Sporangium der mit Gefässen versehenen Cryptogamen; Dissertation vom J. 1837): Die einzelnen mit Sporen gefüllten Fächer von Ophioglossum sind blosse Aushöhlungen im Gewebe des in Folge der Sporenproduction schmal und dick gewordenen Blattes, sie sind deshalb den Antherenloculamenten zu vergleichen und die Achse der Aehre entspricht dem zum Connectiv zusammengezogenen mittleren Theile eines Staubblattes. Zuletzt erklärt Mohl, dass durch diese Vergleichung der Aehre eines Ophioglossum mit einer Anthere nicht ihre Antherennatur bewiesen, sondern nur die Analogie ihres Baues mit der Struktur des Staubbeutels dargethan werden soll.

Bei eingehenderem Vergleiche und vom neueren Standpunkte der Descendenzlehre erscheint indessen die Analogie der Anthere der Metaspermen mit dem Sporenblatt der Ophioglosseen noch grösser, ja man kann darin eine wahre phylogenetische Homologie erblicken. Zunächst sei constatirt, dass in der That die Lage der Sporenfächer von Ophioglossum in frappanter Weise mit der Lage der randständigen Loculamente z. B. von Rosa oder Camellia übereinstimmt. Pollen- und Sporenfächer sind in gleicher Weise Umbildungen und schliesslich Aushöhlungen des aufgetriebenen Blattrandes, in gleicher Weise entstehend, in gleicher Weise mehr auf die physiologische Oberseite des Blattes hinübergreifend.[2]) Freilich ist statt einer Reihe von rundlichen Sporenbehältern in der Regel ein einziges langgestrecktes Pollenfach

---

[1]) Siehe auch A. Braun's: Die Frage nach der Gymnospermie der Cycadeen, S. 346.

[2]) Das Connectiv zwischen den beiden Reihen der Sporangien bei Ophioglossum (und auch bei Botrychium) ist auf der physiologisch unteren, von dem sterilen Blatttheil abgewendeten Seite merklich breiter als auf der dem vegetativen Blatttheil zugekehrten Oberseite.

vorhanden, jedoch giebt es auch Antherenfächer, die durch ein- bis mehrschichtige vom ursprünglichen Parenchym gebildete quere Scheidewände in mehrere über einander liegende Theilfächer getheilt werden, so unter den Oenothereen bei Clarkia und Gaura nach Barcianu, bei manchen Orchideen, wie Bletia, ganz besonders bei verschiedenen Mimoseen. Solche Antheren, wie z. B. die von Parkia auriculata Benth. (Engler Antherenbildung Taf. XX. Fig. 6.) sind der „Aehre" von Ophioglossum ihrer ganzen Struktur nach in überraschender Weise ähnlich und verwandt. Ob nun die einzelnen Fächer (Pollenmutterzellen und Tapete) eines Blattrandes durch Schichten gewöhnlichen Parenchyms getrennt bleiben, oder ob sie gleichsam in ein Längsfach verschmelzen, indem die Pollenbildung sämmtliche Zellen einer Längsreihe oder eines Längsstranges ergreift, wie bei gewöhnlicher Antherenbildung, darin kann nur eine unwesentliche Abänderung desselben Grundtypus erblickt werden.

Wichtiger scheint der Unterschied einer Anthere von der Ophioglossum-Aehre, der darin liegt, dass erstere 4 Fächer besitzt, deren vordere, wie gezeigt wurde, innerhalb besonderer blattartiger Auswüchse oder Emersionen sich bilden. Allein bei näherem Eingehen in den Vergleich ergiebt sich das interessante Resultat, dass gerade hierin die grösste Verwandtschaft der Anthere mit dem Sporenblatt der Ophioglosseen sich ausspricht. Die beiden Emersionsflügel der Anthere (vordere Fächer der Rose, hintere der Camellie) bilden nämlich zusammen eine zweite Spreite, welche gegen die erste Spreite verkehrt und mit ihr längs der gemeinsamen Mediane verwachsen ist. Auch bei den Ophioglosseen trägt bekanntlich jedes Blatt 2 Spreiten, die ebenso mit ihren physiologischen Oberseiten gegen einander gekehrt, dabei aber von einander mit Ausnahme der Basis gesondert sind. Der letztere Unterschied möchte vielleicht Bedenken gegen die hier behauptete Homologie erregen, weil die secundäre Spreite des Antherenblattes nicht erst während ihrer Entwickelung anwächst, sondern gleich als verwachsen, d. h. mit den 2 Emersionen aus der ursprünglichen Blattfläche auftritt. Allein es giebt auch genug solche uranfängliche Verwachsungen, die keine Entwickelungsgeschichte nachzuweisen vermag, die aber dennoch nicht weniger Verwachsungen sind. Dass diese Auffassung richtig ist, beweist eine solche abnorme Umbildung der Anthere, wie sie

Müller Arg. bei Jatropha Pohliana beobachtet hat. In derselben hatten sich nämlich beide Spreiten, die vordere und die hintere, in 3lappige Blättchen verwandelt, welche an der Basis zusammenhingen. Eine derartige Doppelspreite entsprach vollkommen der Doppelspreite der Ophioglosseen. A. Braun nennt eine solche Doppelspreitung, wie sie die Antheren oder abnorme Blätter der Gesneriaceen zeigen, passend eine Ueberspreitung. Jedenfalls ist letztere nur eine besondere Modification jener Doppelspreitung, die bei den Ophioglosseen zuerst als normale Erscheinung auftritt. Ein weiterer Beleg dafür sind auch die frei abgesonderten Läppchen als umgebildete Endigungen der Antherenfächer der Camellie (z. B. Fig. 34), besonders der 2lappige freie Auswuchs aus der Blattfläche der Fig. 35, der die Fortsetzung des aus zwei Fächern verschmolzenen Emersionsfaches bildet. An dieser interessanten Antherenmetamorphose ist nur die untere Hälfte der secundären Spreite noch angewachsen, die 2theilige obere Hälfte aber frei ausgebildet Auch der Vergleich mit den Flügelleisten und dem 2spitzigen Krönchen mancher Sileneen, z. B. bei Saponaria, ist sehr treffend, denn auch bei den Sileneen sind es analoge Emersionen.

An dem doppelspreitigen Blatte der Ophioglosseen ist allerdings nur die zweite secundäre Spreite zum Sporenstande umgebildet, die Hauptspreite laubartig und steril, da sie die vegetative Funktion der Assimilation auszuüben hat. Dass dagegen am Staubblatt, welches ganz und gar der Reproduktion gewidmet ist, beide Spreiten Sporenfächer (respective Pollenfächer) produciren, ist gewiss nicht auffällig. Abnormer Weise bilden sich auch bei Botrychium beide Spreiten zu Sporenständen um. Hingegen nähert sich die Anthere der Asclepiadeen auch darin dem Sporenblatte von Ophioglossum, dass nur ihre secundäre, ventral gestellte Spreite 2 vordere Pollenfächer bildet, während die der Hauptspreite angehörenden hinteren Blattränder keinen Pollen entwickeln. Dasselbe muss von der petaloiden Camellienanthere gesagt werden, deren primäre (blattrandbürtige) Fächer bereits geschwunden waren, während die Emersionsfächer noch gebildet wurden.

Die richtige Deutung der Anthere der Metaspermen ist auch von allgemeinerem phylogenetischem Interesse. Sie spricht neben manchen anderen Erscheinungen deutlich für einen polyphyletischen Ursprung

der Phanerogamen. Die Metaspermen nämlich verlangen die Ableitung aus einer anderen Gruppe der Gefässkryptogamen, als die Archispermen. Dass auch die Heterosporeen einen polyphyletischen Ursprung haben, ist durch neuere Forschungen, besonders durch die Entdeckung des Vorkeimes der echten Lycopodien genügend dargethan.[1])

Ferner ermöglicht die richtige Deutung des Staubgefässes auch

---

[1]) Die Nothwendigkeit der Annahme einer polyphyletischen Entwickelung, für welche sich neuestens auch A. Braun (in „Cycadeen" S. 248) aussprach, habe ich bereits im J. 1869 in einer in der böhmischen Zeitschrift Živa erschienenen Abhandlung: „Entwickelungsgeschichte des Pflanzenreichs mit Rücksicht auf die Darwin'sche Theorie" mit in der Uebersetzung nachstehend lautenden Worten betont: „Das Resultat aller dieser Betrachtungen ist also dieses, dass der wahre genetische Stammbaum des Pflanzenreichs mehrfach von dem Stammbaum des natürlichen Systems beträchtlich abweichen wird, weil manche höhere systematische Categorien, insbesondere unsere Hauptstufen und Classen nicht einen einzigen (monophyletischen), sondern einen mehrfachen (polyphyletischen) Ursprung aus niederen Stufen und Gruppen anzuzeigen scheinen."

Die Phylogenetiker sind in der Regel der Annahme polyphyletischer Entwickelung nicht geneigt, weil dieses Zugeständniss den phylogenetischen Folgerungen gefährlich zu werden droht. Dann könnte nämlich das Dasein homologer Gebilde nicht immer als Folge gemeinsamen Ursprungs gelten, z. B. das Vorhandensein von Pollenkorn und Keimsack nicht als Folge der Abstammung von gemeinsamen phanerogamen Stammformen, ebensowenig als die Differenzirung von Macrosporen und Microsporen die nähere Verwandtschaft der Rhizocarpeen und Selaginellaceen beweist. Doch aber wird wiederum aus der Uebereinstimmung wichtiger Theile auf Verwandtschaft, auf Gemeinsamkeit des Ursprungs geschlossen. Um diesem scheinbaren Widerspruch zu begegnen, ist es nothwendig, zwischen Stufenverwandtschaft und Typenverwandtschaft zu unterscheiden. Stufenverwandtschaft ist nur möglich, wenn die Entwickelung des Pflanzenreichs keine zufällige (lediglich von der Selection abhängige), sondern wenn sie eine innerlich bestimmte war, so dass zwei getrennte, auf tieferer Stufe zusammenhängende Reihen ganz entsprechenden Ziel- und Höhenpunkten zuzuführen geeignet waren. Nur die Typenverwandtschaft lässt phylogenetische Schlussfolgerungen zu, sie lässt sich auf verschiedenen Stufen verfolgen. Stufenverwandt sind z. B. die Selaginelleen und Rhizocarpeen, dann die Farne, Equiseten und (echten) Lycopodieen, ferner die Archispermen und Metaspermen; typenverwandt dagegen sind die Farne, Rhizocarpeen und selbst die Cycadeen, dann die Lycopodieen und Selaginelleen untereinander. So ist auch die Anthere der Metaspermen mit der der Archispermen nur stufenverwandt, ihre Uebereinstimmung mit dem Sporenblatt der Ophioglosseen beruht dagegen auf Typenverwandtschaft. Ich kann diesen Gedanken hier nicht weiter ausführen, bemerke nur noch, dass die höchsten Abtheilungen des Pflanzenreichs eben des polyphyletischen Ursprungs wegen vorherrschend auf Stufenverwandtschaft beruhen, weshalb es mir auch nicht nöthig scheint, die Classen der Isosporeen und Heterosporeen unter den Gefässkryptogamen aufzulassen.

eine vollkommenere Vergleichung und Feststellung der Homologie des Fruchtblattes und Staubblattes der Metaspermen, wobei die mehrfach beobachteten Uebergänge von Antheren in Carpelle auch wieder die besten Dienste leisten. In solchen Abnormitäten entspricht eine ganze Reihe von Eichen einem Antherenfache; bei Sempervivum tectorum können daher sowohl an den beiden ursprünglichen Blatträndern als auch an den Rändern der secundären Spreite Ovula entstehen. Das ist sowohl von A. Braun als auch von Engler bereits anerkannt worden. Engler's Darstellung dieser Homologie (l. c. p. 312, 313) ist im Allgemeinen richtig, doch noch nicht genug ausgeführt und durch die nicht ganz entsprechende Auffassung der Anthere beeinträchtigt. Das volle Verständniss erlangt man aber erst durch den phylogenetischen Vergleich mit den Ophioglosseen. Sowie ein Blattabschnitt mit einer Doppelreihe von Sporangien, welche metamorphosirten Fiederläppchen des Abschnitts gleichen, bei Botrychium, dem die einzelne Aehre von Ophioglossum bildenden Blattabschnitt entspricht, ebenso das fiederlappige Fruchtblatt (z. B. der Papilionaceen oder Helleboreen) dem einfachen mit 2 randständigen Pollenfächern versehenen Staubblatt (wenn die vordere secundäre Antherenspreite zunächst ausser Acht gelassen wird). Der einfache Blattrand der letzteren hat sich am Carpelle in eine Anzahl von Fiederläppchen zertheilt. Es frägt sich nun, wie das Ovulum der Metaspermen aus dem Fiederblättchen der Ophioglosseen mit fiedertheiliger Spreite entstanden sein kann. Die von Warming festgestellte Uebereinstimmung in der Entwickelung des Eikerns und des Pollenfaches der Metaspermen führt dahin, dass der Eikern phylogenetisch aus demselben Sporangium abzuleiten ist, aus dem das Pollenfach sich hervorgebildet hat. Nun ist aber der Eikern, wie die Vergrünungsgeschichte beweist, eine Emergenz aus der Innen- oder Oberseite des Ovularblättchens. Somit ergiebt sich folgende Ableitung des Ovulums der Metaspermen aus dem Fiederblättchen der Ophioglosseen oder richtiger der mit den Ophioglosseen nächst verwandten ältesten Vorfahren der Metaspermen. Schon bei den Ophioglosseen und ebenso bei den Rosen und Camellien (wahrscheinlich aber bei sehr vielen Metaspermen) überwiegt die Bildung der Sporen- und Pollenfächer entschieden auf der Oberseite des Blattes. Denken wir uns, dass die Sporenerzeugung der weiblichen Sporenblätter durchaus

nur auf die Oberseite des Fiederblättchens eingeschränkt wurde und dass die sporenerzeugende Partie der Oberseite als besondere Emergenz durch vorausgehende Zelltheilungen hervorgewölbt oder ausgegliedert wurde, dass ferner das Fiederblättchen rings um die sporenerzeugende Emergenz, aus welcher der Nucleus hervorgegangen ist, in der bereits besprochenen Weise tutenförmig sich geschlossen habe, so erhalten wir im Wesentlichen den Bau des einfach behüllten Eichens. Die Entwickelung des Eichens hat sich dann noch in der Weise modificirt, nämlich vereinfacht, dass die den Keimsack (als Macrosporenmutterzelle) erzeugende Emergenz auf einer frühen Entwickelungsstufe terminal zum Fiederblättchen und scheinbar als Umbildung seiner Spitze sich zu bilden anfing, in Folge dessen das Integument, welches die wahre organische Spitze in sich enthält, seitlich unter dem Nucleus sich bilden musste. Das äussere Integument kam dann in vielen Fällen als eine secundäre kreisförmige Sprossung oder Emersion aus dem Fiederblättchen hinzu.

Es entstand somit aus einem den Ophioglosseen, und zwar Ophioglossum nächst stehenden Sporenblatt einerseits durch Verschmelzung der einzelnen Fächer zu einem Antherenfache und durch congenitales Zusammenwachsen beider Spreiten die Anthere, anderseits durch Zertheilung des Randes eines einspreitig gebliebenen Sporenblattes zwischen den einzelnen Sporenfächern (wie bei Botrychium) und durch die eben erläuterte Umbildung der Fiederblättchen in Ovula das einfachste Fruchtblatt. Die Antheren der Mimoseen stimmen überdies mehr noch als die gewöhnlichen 4fächerigen Antheren mit dem gefiederten Fruchtblatt z. B. ihrer eigenen Blüthe überein, nämlich rücksichtlich der Trennung der die Geschlechtszellen bildenden Partien jeder Spreitenhälfte. In jenen Fällen, wo der Blattrand des Carpelles 2 Reihen Eichen trägt, z. B. bei Sempervivum, nähert sich das Fruchtblatt noch mehr der 4fächerigen Anthere, indem ohne Zweifel eine Reihe Eichen dem ursprünglichen Blattrande und die zweite der ebenso zerschlitzten Emersion entspricht, wie dies besonders Sempervivum tectorum klar vor Augen legt. Wenn noch mehr Reihen Eichen nächst dem Blattrande oder auf dem grössten Theile der Innenfläche des Carpells sich bilden, so entspricht abermals jede weitere Reihe einer einfachen Emersion längs der Mediane, so dass das Fruchtblatt gleichsam aus 3 und mehreren in der

Mediane verwachsenen Spreiten besteht. Die Ueberspreitung wiederholt sich mehrfach bei solchen Carpellen. Ferner ist es auch möglich, dass die Hauptspreite selbst keine Eichen an den Rändern bildet, vielmehr sämmtliche Reihen als Emersionen aus der (wenigstens physiologischen) Oberseite hervorgehen. Dies findet z. B. bei Papaver statt, nach der von Mohl an P. orientale beobachteten und abgebildeten Umbildung eines Carpells in die Anthere. Die Ovula entsprangen daselbst auf der Innenfläche zwischen den vorderen und hinteren Staubfächern, nach Mohl näher um die ersteren herumstehend. Auch bei Begonia entsprangen nach F. Müller zahlreiche Reihen von Eichen auf der Innenseite nächst dem Blattrande.

Die Homologie des Eichens mit der sporenerzeugenden Blattfieder von Botrychium ist bei manchen Amaryllideen noch vollständiger. Das integumentlose Eichen von Crinum, welches A. Braun (in Polyembryonie und Keimung von Caelebogyne S. 173) als nackten Eikern ansieht, entspricht wohl richtiger einem Sporangium von Botrychium, einem ganzen Blattzipfel, der die Macrospore (Keimsack) nicht in einer besonderen Emergenz wie gewöhnlich, sondern unmittelbar in seinem Innern bildet. Diese Deutung wird auch von der interessanten Mittelform der Eichen von Amaryllis Belladonna (nach Braun's Abbildung l. c.) bestätigt. Der Nucleus dieser Amaryllis ist nämlich auf eine kleine, kreisrunde, flache Erhebung reducirt, um welche sich ein kurzes, dickes, sehr unvollständiges Integument erhebt. Der runde Keimsack ist dafür ganz in dies knollig anschwellende Ovularblättchen verlegt. Wahrscheinlich haben die nackten Eichen der Santalaceen und vieler Balanophoreen dieselbe Bedeutung, wodurch es besser als sonst begreiflich wird, dass in der Familie der Balanophoreen ebenso wie in der der Amaryllideen behüllte und hüllenlose Eichen zusammen vorkommen.

Wenn A. Braun ebenfalls zugiebt, dass „die langgestreckten pollenbildenden Protuberanzen der angiospermischen Phanerogamen die Stelle einer ganzen Reihe von Eiern vertreten, wie dies besonders durch gewisse gefüllte Tulpen augenscheinlich gemacht wird“ (Cycadeen S. 351), trotzdem aber die Knospennatur der Eichen für möglich hält, so nimmt er allerdings an, dass ein durch Zertheilung des Blattrandes und der Emersionsspreiten entstandenes Fiederblättchen in eine Knospe sich umbilden konnte. Das widerspricht jedoch schon

im Allgemeinen aller morphologischen Erfahrung, nach welcher die morphologische Natur der wesentlich verschiedenen Glieder (Achse, Blatt, Metablastem) unveränderlich ist, lässt sich aber insbesondere mit der Vergrünungsgeschichte des Eichens schlechterdings nicht vereinigen. Letztere bestätigt vielmehr durchaus die aus dem phylogenetischen Vergleich auf die einfachste Weise sich ergebende und hier weiter ausgeführte Deutung des Ovulums. Wie einfach und natürlich gestaltet sich dabei die Ableitung sowohl des Staubblattes als des Fruchtblattes aus dem Sporenblatte der Ophioglosseen, wobei nur relative Umbildungen eintreten, mit vollständiger Erhaltung der morphologischen Gleichartigkeit aller drei homologen Fructificationsblätter! Dagegen wie schwierig und gezwungen wäre jede Ableitung eines wirkliche Knospen als Eichen erzeugenden Fruchtblattes!

Der Homologie des Staubblattes und des Fruchtblattes entspricht es ferner, dass die Eichen in allen sichergestellten Fällen entweder dem Blattrande oder der Oberseite des Fruchtblattes entspringen, und zwar niemals auf der Mediane selbst, stets nur zwischen dieser und dem Rande, meist in Parallelreihen. Dem entgegen ist A. Braun der Ansicht, dass Eichen auch aus der Rückseite des Carpells entspringen können. Das Beispiel der 2flügeligen randständigen Placenten der Gesneraceen, mancher Gentianeen und Saxifrageen ist noch nicht beweisend, da diese Placenten wohl auch eitragende nach Innen vorspringende Ausbreitungen der Innenseite nächst den wirklich verwachsenen Blatträndern sein können. Nur für Papaver ist unzweifelhaft von Schimper ein Fall nachgewiesen worden, in dem die Placenten- und Eichenbildung auf der Rückseite des frei gebildeten Carpells von Papaver somniferum stattgefunden hatte, und Braun bemerkt dazu, dass er selbst eine ähnliche Missbildung von Papaver orientale besitze (Cycadeen S. 353). Trotzdem ist es mir sehr wahrscheinlich, dass auch hier keine wahre Ausnahme von der allgemeinen Regel vorliege, dass die Eichen auch bei den Mohnen nicht aus der Blattunterseite der Carpelle entspringen.

Die Carpelle mit auswärts stehenden Placenten, welche Schimper beschrieb (Flora 1829. S. 427), standen nämlich aussen um einen normalen Fruchtknoten herum, waren also ohne Zweifel vollständig zu Carpellen umgebildete Staubgefässe. Dagegen fand Schimper im Innern einer normalen Kapsel von Papaver somniferum einzelne freie

(zum Theil auch mit einander verbundene) Carpelle, deren Placenten auf der Innenseite von den die Stigmata bildenden Blatträndern her ausgebildet waren.[1]) Die Umkehrung der Placenten war also eine Eigenthümlichkeit der äusseren, wahrscheinlich doch aus Staubgefässen metamorphosirten Carpelle. Nun sind aber die Staubgefässe des Mohnes schwerlich ebenso vielen selbständigen Blättern aequivalent, sondern, in derselben Weise wie die zahlreichen Staubgefässe der Cistineen und der Camellie, blossen Staubblattfiedern eines einzigen Kreises von Blastemen. Es werden zwar keine gesonderten Staubblattprimordien angelegt (wie etwa bei den Tiliaceen und Hypericineen), wohl aber schwillt eine breite Zone unterhalb des Achsenscheitels von Papaver (Payer, Taf. 47, Fig. 16, 17) beträchtlich an, cyclomartig verschmolzenen Blattprimordien entsprechend, auf welcher die einzelnen Staubfäden in acropetaler Folge angelegt werden. Die Staubfäden von Papaver sind folglich den Staubfäden der Camellie ihrer morphologischen Bedeutung nach aequivalent, und da diese letzteren mit umgekehrten Flächen gebildet werden, so ist es sehr wahrscheinlich, dass für die Staubgefässe von Papaver das Gleiche gilt. Leider hat sich mir noch nicht die Gelegenheit geboten, gefüllten Mohn hierauf untersuchen zu können. Wenn aber meine Vermuthung sich bestätigt, so ist es erklärlich, dass ein aus dem Staubgefäss metamorphosirtes Carpell wegen der Verkehrung der Flächen seine Placenten und Eichen auf der Rückseite bilden muss, ebenso wie das Staubgefäss der Camellie seine Pollenfächer aussen bildet. Weil aber die Rückseite des unselbständigen Blättchens der physiologischen Oberseite entspricht, so bethätigt sich hierbei das Sprichwort der Grammatiker: exceptio firmat regulam.

Jedoch müssen die fraglichen Verhältnisse bei den Mohnarten noch genauer untersucht werden, besonders auch aus dem Grunde, weil Schimper's Beobachtung eine entgegengesetzte Angabe entgegensteht. Auch die Carpelle von Papaver orientale, welche Mohl untersuchte, waren aus den inneren Staubfäden hervorgegangen, dennoch aber giebt Mohl an, dass die secundären Loculamente und die zugleich vorhandenen Placenten der Innenseite angehört haben.

---

[1]) Die zahlreichen Eichen entspringen nämlich, wie oben bemerkt, bei Papaver zwischen dem Blattrande und der Mediane des Carpelles.

Ob hier ein Irrthum Mohl's unterlief, oder in welcher Weise dieser Widerspruch zu beheben sein möchte, kann ich jetzt nicht entscheiden.

Im Vorstehenden habe ich die morphologische Bedeutung des Staubgefässes, so wie früher bereits die des Eichens, durch den Vergleich der abnormen Metamorphosen und durch den phylogenetischen Vergleich aufzuklären gesucht, und befinde mich in Bezug auf die Methode in Uebereinstimmung mit den vorzüglichsten comparativen Morphologen. Die auf diesem Wege erhaltenen Resultate, die eine so schöne Homologie des Staubblattes und Fruchtblattes der Metaspermen und des Sporenblattes der Ophioglosseen ergeben haben, sprechen für sich selbst. Niemals hätte die Entwickelungsgeschichte dieses geleistet, niemals weder die Eichen und Placenten noch die Anthere so gründlich aufgeklärt, wie die Bildungsabweichungen, vielmehr hat gerade sie zu ganz irrigen Ansichten über diese Pflanzengebilde Anlass gegeben. Indessen ist die Ansicht vom Werthe der Bildungsabweichungen und von der morphologischen Werthschätzung der Pflanzengebilde überhaupt noch keineswegs allgemein geklärt. Was insbesondere die morphologische Deutung des Staubgefässes betrifft, so ist sogar die Berechtigung zu der Frage nach dessen morphologischem Werthe in dem Sinne von Mohl, Cassini, Röper, Sachs u. s. w. bestritten worden.[1]) Es wurde gesagt, man solle die Staubblätter und Laubblätter gar nicht vergleichen, denn sie seien morphologisch nur aequivalent in ihrem Verhältniss zur Achse, zum ganzen Sprosse, und wo dieses Verhältniss nicht in Betracht kommt, da könne auch von morphologischer Aequivalenz keine Rede sein. Die Staubblätter seien zwar für ihre Funktion besonders differenzirte oder ausgestaltete Blätter, aber keineswegs metamorphosirte Laubblätter. Die Frage nach dem morphologischen Werthe des Staubbeutels habe keinen Sinn und sei ohnehin auch völlig gegenstandslos, wenn das Staubgefäss durch Metamorphose der Sprossspitze entsteht.

Ich kann diese morphologische Ansicht nicht theilen. Sie widerspricht gänzlich dem Standpunkt der Descendenzlehre und hebt die

[1]) Z. B. von Schmitz in „Blüthenentwickelung der Piperaceen. Bonn. 1872. Seite 32.

Metamorphose der Pflanzen im eigentlichen Sinne des Wortes auf, obwohl sie das Wort Metamorphose ebenfalls im Munde führt. In demselben Sinne hat schon Schleiden die Metamorphose der Pflanzen auf ein ungehöriges Gebiet hinübergespielt, auf das der Entwickelungsgeschichte. Auch ihm war Metamorphose die verschiedenartige Ausbildung gleichartiger und zur Achse gleichartig situirter Seitengebilde derselben, obwohl er auch noch eine Wachsthumsverschiedenheit zwischen der Achse und den Blättern statuirte. Auch Schleiden hat die von Göthe gegebene Begründung der Metamorphose durch die abnormen Uebergangsformen getadelt. Allein ein junges Kaulom erscheint als ein vom Blatthöcker nicht unterscheidbarer Höcker; ja in der Blüthentraube der Cruciferen, deren Deckblätter unterdrückt sind, stehen die Kaulome in derselben räumlichen Beziehung zur Blüthenachse, wie die Blätter. Nach jener Logik, welche die morphologische Aequivalenz der Blätter nur in dem Verhältniss zur Achse erblickt, wären die Cruciferenblüthen metamorphosirte Blätter. Selbstverständlich wird die Anlage der morphologisch identischen Gebilde, wie z. B. der Blätter, eine gleiche oder ähnliche sein, allein das genügt noch nicht zur Annahme einer Metamorphose. Wären die verschiedenen Blattformationen stets scharf geschieden und in einander nicht umwandelbar, so wie das Blatt und die Cruciferenblüthe es sind, so wäre trotzdem keine wahre Metamorphose vorhanden, oder der Begriff der Metamorphose wäre ein willkürlich abstrahirter und uneigentlicher, er würde nur die Zusammenfassung der verschiedenartigen Seitengebilde der Achse unter einen Begriff bedeuten. Morphologische Werthbestimmung im Sinne dieser Ansicht heisst nichts weiter, als die Bestimmung des räumlichen Verhältnisses der einzelnen Theile des Sprosses und der ganzen Pflanze zu einander.[1])

Allein die Metamorphose hat eine viel tiefere und wichtigere Bedeutung. Nicht nur insofern die Blätter als gleichartige Höcker an

[1]) Dem gemäss sagt Schmitz (l. c. S. 61): „Das Verhältniss eines terminalen Eichens zum Sprossganzen, d. i. seine morphologische Bedeutung“, sei doch ein anderes als das des blattbürtigen Eichens. Auf S. 62 zählt er dann die verschiedenen Orte auf, an denen, und die Modificationen, unter denen das Eichen sich bilden kann, zum Beweise, dass dem Eichen verschiedene morphologische Werthe zukommen. Allein ich bestreite eben, dass von solchen Stellungsverhältnissen die morphologische Bedeutung eines Gebildes abhängt, welche ich von der Art seiner Metamorphose, also von seiner phylogenetischen Herkunft ableite.

einem Achsenscheitel erscheinen, sind sie gleichwerthige Organe, sondern insofern sie sogar in einander umgewandelt werden können. Damit ist aber nicht eine entwickelungsgeschichtliche Umwandlung gemeint, sondern eine phylogenetische und in abnormen Bildungen oft im umgekehrten Sinne sich wiederholende Umwandlung. Erst damit ist der Begriff der Metamorphose begründet, dass wirklich ein und derselbe Blatthöcker (nicht bloss mehrere in ihrer Beziehung zur Achse gleichartige Höcker) unter Umständen zum Laubblatt oder zum Blumenblatt, Staubblatt oder Fruchtblatt werden kann, was nicht nur durch die relative Stellung in der Blattfolge, sondern noch bestimmter durch die Mittelformen bewiesen wird, die bestimmte Blätter, zwei und mehr Formationen combinirend, annehmen können.

Die Richtigkeit dieser Auffassung der Metamorphose leuchtet am klarsten ein vom Standpunkte der Descendenzlehre. Die Behauptung, dass die Stamina keine metamorphosirten Laubblätter, sondern nur Blätter schlechthin oder in abstracto seien, erweist sich sofort als hinfällig, wenn man bedenkt, dass die kryptogamen Vorfahren der Phanerogamen allerdings sporangientragende Laubblätter besassen, welche sich bei den Phanerogamen zu Staubblättern metamorphosirt haben[1]). Den morphologischen Werth eines gegebenen metamorpho-

---

[1]) Ich betrachte allerdings das Laubblatt als den eigentlichen Urtypus des Blattes, obwohl A. Braun dies in „Cycadeen" S. 264 für eine verkehrte Auffassung der Metamorphosenlehre erklärt. Die Farne, als der unzweifelhafte Ausgangspunkt der Gefässpflanzen, besitzen fast ausnahmslos nur die Formation des Laubblattes. Auch der erste Wedel, nach Kny's Untersuchungen gewiss das Homologon des monocotylen Keimblatts, ist bei den Farnen (siehe Ceratopteris bei Kny) ein sehr einfaches Laubblatt. Die Niederblätter sind zweifelsohne eine spätere, reducirte und rudimentär gewordene Bildung, wenn sie auch im individuellen Lebenscyklus meist vor den Laubblättern auftreten; demgemäss sind sie bei den Farnen sehr selten, nur an den Ausläufern von Struthiopteris und an den Bulbillen von Cystopteris bulbifera bekannt. Die Formation der eigentlichen Cotyledonen ist noch mehr Folge der höheren Differenzirung der Samenpflanzen. Dass von den Hoch- und Blüthenblättern dasselbe gilt, ist sonnenklar. Somit ist das (natürlich möglichst einfache) Laubblatt das wahre „Urblatt", da ein abstraktes und völlig indifferentes Blatt nicht existiren und nie existirt haben kann. Und dies ist um so einleuchtender, als die Assimilationsthätigkeit des Laubblattes die nächste, dringendste Funktion ist, für welche das Sporogonium der Moosstufe zum Blatt sich umbilden musste. An Braun's Bemerkung anschliessend, füge ich noch bei, dass folium von jeher der Terminus der beschreibenden Botanik für das Laubblatt ist, nicht für das abstrakte „Blatt im Allgemeinen", für welches

sirten Gebildes bestimmen, heisst vom Standpunkte der Descendenzlehre soviel als bestimmen, durch welche Metamorphose dasselbe hervorgegangen ist. Darüber belehren aber nur die abnormen Bildungen, welche durch Uebergänge zu der ursprünglicheren Form des Gebildes, z. B. zur Laubblattform des Staubgefässes, zurückkehren. Die Entwickelungsgeschichte aber vermag darüber meist keinen sicheren Aufschluss zu geben, ja sie muss häufig zu Irrthümern führen, wenn der entwicklungsgeschichtlich nachweisbare jüngste Zustand für den die Metamorphose erklärenden Urzustand des fraglichen Gebildes gehalten wird. Es hat somit die Frage nach der morphologischen Bedeutung der einzelnen Theile des Staubgefässes ihren ganz guten Sinn und ihre Lösung gehört vor das Forum der abnormen Metamorphosen und des morphologischen (phylogenetischen) Vergleichs, in dritter Reihe und in untergeordnetem Maasse vor das der Entwickelungsgeschichte. Aus dem Irrthum, dass die metamorphosirten Gebilde, wie Staubblatt, Fruchtblatt, Placenten, Eichen, aus der Entwickelung allein beurtheilt und richtig gedeutet werden könnten, stammen die vielen falschen Deutungen der Neuzeit[1]).

So hat Neumann den Satz, den Cassini und Röper aufstellten, aus entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen ableiten wollen, dass nämlich zwei Antherenfächer auf der Rückseite, zwei auf der Oberseite des Staubblattes entständen, was Mohl's und meinen hier mitgetheilten Untersuchungen zufolge durchaus falsch ist. Gegen Mohl's Deutung wendete Neumann ein: „Wie sollte hier sich später die in einem Viereck das Connectiv umgebende Stellung der Antherenloculamente finden, wenn diese anfangs (!) mit dem Connectiv gleichsam eine gerade Linie gebildet hätten?“ Es spricht aus diesen Zeilen dieselbe Verwechselung der phylogenetischen und teratologischen Umbildungsgeschichte mit der individuellen Entwickelungsgeschichte, die in Wigand's Teratologie den Grundton bildet, und die Wigand bestimmte, Mohl darob zu tadeln, dass er die Ver-

erst später Nägeli den Terminus Phyllom vorschlug, sodass naturgemäss der Ausdruck für das Concretum dem für das Abstractum vorausging.

[1]) Sehr treffend hat neuestens A. W. Eichler die principiellen Irrthümer und grösstentheils falschen sog. „Resultate“ der neuesten entwickelungsgeschichtlichen Schule (der „Periblematiker“) gegeisselt. S. Bot. Ztg. 1876 Nr. 33. Wider E. Reuther's Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Blüthe.

grünungsformen für Entwickelungsstufen angesehen und in eine Entwickelungsreihe gestellt habe. Das hat aber Mohl keineswegs gethan, sondern Wigand war in Folge der Schleiden'schen Principien dahin gelangt, dass ihm keine andere Umbildung denkbar erschien als die entwickelungsgeschichtliche. Ob die Primordien der Staubblätter sich entwickelnd in dieser oder jener Weise ihrer metamorphosirten Form zustreben, das ist für die Erfassung des ursprünglichen Verhältnisses (bei den Gefässkryptogamen) ohne Bedeutung und Beweiskraft. Denn schon die früheren Zustände des sich entwickelnden Gebildes, ja so zu sagen die Entwickelung selbst ist metamorphosirt im Verhältniss zum ursprünglichen Zustand und zu der ursprünglichen Entwickelungsgeschichte desselben.

Auch Engler konnte mit der vorangestellten entwickelungsgeschichtlichen Methode zu keinem unanfechtbaren Resultate gelangen. Er fand wie Neumann, dass die Anlage des Staubblattes vierkantig werdend zwei Fächer in den vorderen, zwei in den hinteren Kanten entwickelt, selbst bei Iris, deren Antherenfächer zuletzt sämmtlich nach auswärts stehen. Allein diese Entwickelung beweist noch durchaus nicht, dass der Blattrand in den Suturen der Anthere liegt, indem sich ja die primären Blattränder gleichzeitig mit Hervorbildung der vorderen Emersionsfächer, und durch dieselben aus mechanischen Gründen nach hinten abgelenkt bilden können, was auch sicher der Fall ist, obwohl die Entwickelungsgeschichte darüber keinen Aufschluss geben kann. Und wenn sich umgekehrt dann und wann alle vier Fächer entschieden auf der vorderen oder hinteren Seite des Primordiums bilden würden, so möchte auch hieraus für die Lage des Blattrandes aus ähnlichen Gründen nichts Sicheres zu folgern sein. Engler'n musste es auf entwickelungsgeschichtlichem Wege entgehen, dass, was er als die vordere Blatthälfte ansieht, eigentlich die vordere secundäre, verdoppelnde Spreite ist, die sich eben mit der Anlage der beiden vorderen Kanten zu bilden anfängt. Die von Engler abgebildeten petaloiden Staubblätter von Sparmannia africana aber, deren Blattrand in die hinteren Fächer übergeht, in derselben Weise wie bei der vergrünten Rose, sind gewiss kein Beleg für die Röper-sche Ansicht, nach welcher der Blattrand in die Furche zwischen beiden Loculamenten jeder Antherenhälfte übergehen müsste. Doch könnte von Seite der Entwickelungsgeschichte gegen die Doppelsprei-

tung eingewendet werden, dass bisweilen die Pollenmutterzellen, also die Fächer, in der nicht zweilappig gewordenen Blatthälfte angelegt werden, wie bei Orchideen (Engler, Taf. XXIII, Fig. 41—45). Allein in diesem Falle setzt sich die vordere Spreite offenbar durch Verdickung der Blatthälfte an und zwar in einer möglichst breiten, bis an den Rand der ursprünglichen Spreite reichenden Berührungsfläche. Dass die Verdickung der Blatthälften diese Bedeutung hat, das kann allerdings aus dem Durchschnitt des jungen Staubbeutels nicht ersehen, sondern nur aus der Analogie mit den durch die Verblattung zu Tage tretenden Erscheinungen geschlossen werden.

Die histiologische Entwickelung des Staubgefässes könnte gegen die Doppelspreitung der Anthere noch den Einwand abgeben, dass die beiden vorderen Fächer besonders nach Warming's Untersuchungen durch tangentiale Theilungen in der ersten Periblemschicht angelegt werden, wie die beiden hinteren, dass also nach Warming's Ansicht diese gleich jenen Neubildungen der Blattfläche sein müssten, oder, falls man jene Theilungen nur als Vorbereitungen zur Bildung der Pollenzellen und der Antherenwände auffasst, dass diese wie jene in gleicher Weise als blosse innere Differenzirungen und schliessliche Aushöhlungen derselben Blattspreite zu gelten haben. Dem entgegen behaupte ich, dass die Histiogenie ebensowenig allgemein giltige Criterien für die Bestimmung des morphologischen Werthes abgiebt, wie die gröbere Entwickelungsgeschichte, was sich durch verschiedene Belege, wenn nöthig, nachweisen liesse. Ob ein Glied durch Theilungen der Zellen des Periblems oder tieferer Zellmassen angelegt wird, das hängt nicht von seiner morphologischen Natur ab, sondern vorzugsweise von seiner ursprünglichen Mächtigkeit im Verhältniss zum erzeugenden Muttergebilde[1]). Die beiden vorderen Emersionen der Anthere beginnen sich, freilich ihrer relativen Massenhaftigkeit gemäss durch Theilungen des inneren Gewebes, hervorzuwölben, so dass die junge Anthere auf dem Durchschnitt bereits 4kantig wird (s. z. B. Warming's Taf. 2, Fig. 1, 2), bevor die lediglich der inneren Ausstattung des Faches dienenden Periblemtheilungen vor sich gehen.

---

[1]) Hierüber habe ich mich ausführlicher ausgesprochen in der Abhandlung: Vergleichende Darstellung der Placenten (in den Abhandlungen der kgl. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. VI. Folge. 8. Band. Prag, 1876.)

Noch verlangt die von Schmitz aufgeworfene Frage eine Erwiderung: „Welche morphologische Bedeutung hat das Stamen, wenn es durch Metamorphose der Sprossspitze entsteht?" Wenn es axile Antheren überhaupt gäbe, so wäre die Bedeutung derselben jedenfalls eine ganz andere als der aus Blättern metamorphosirten Staubgefässe und müsste besonders untersucht werden. Es ist aber schon wiederholt eingewendet worden, dass die terminale Stellung zur Blüthenachse noch kein hinreichender Grund ist, das Staubgefäss für axil zu halten, womit ich mich hier begnüge, da ich anderwärts diesen Gegenstand ausführlich behandelt habe[1]). Für die terminalen Antheren (unrichtig pollenbildende Kaulome genannt), wie sie Euphorbia und andere Pflanzen mit sehr einfachen männlichen Blüthen besitzen, ist vielmehr eine doppelte Deutung möglich: entweder besitzt eine solche Blüthe ein zur Blüthenachse terminales Staubblatt, oder es sind zwei und mehrere von einander und von der Achse wenig gesonderte (als mehr oder weniger verschmolzen zu betrachtende) Staubblätter vorhanden, die ein einziges terminales Stamen nachahmen[2]). In dieser Weise habe ich, an Röper anschliessend, die scheinbar einfache Anthere der Euphorbia gedeutet (Flora 1852), welcher Deutung dann auch Strasburger (Coniferen und Gnetaceen) beistimmte. Hiernach trifft zufälligerweise die von Agardh und Endlicher herrührende Deutung des Staubgefässes bei den falschen Staubgefässen der Euphorbia wesentlich zu. Wenn ich hier noch einmal auf die Euphorbia-Anthere zurückkomme, so geschieht es aus dem Grunde, weil ich meine Deutung noch etwas genauer ausführen und noch durch den Vergleich mit den Verwandten wesentlich unterstützen kann; auch darum, weil Sachs in der vierten Auflage seines Lehrbuchs meint, die Frage, ob die „Staubgefässe" der Euphorbien als reducirte Sprosse oder als blosse einzelne Staubblätter aufzufassen sind, sei bisher weder in dem einen noch in dem anderen Sinne definitiv entschieden, und weil Baillon (in der Histoire des plantes, Tome V, 1874) die von der Mehrzahl der Botaniker angenommene R. Brown'sche Deutung

---

[1]) In einer in den Sitzungsberichten der böhm. Gesellsch. d. Wiss. veröffentlichten Abhandlung: Ueber terminale Ausgliederungen (Dezembersitzung 1875).

[2]) Dieser zweite Fall würde mit der von Sachs ventilirten Möglichkeit ziemlich übereinstimmen, dass die Antherenfächer der terminalen Anthere die Reste sonst gänzlich unterdrückter Staubblätter sein könnten.

des sogenannten Cyathiums für eine blosse Modesache erklärt, die ihn ebenso unannehmbar wie unnütz zu sein dünkt[1]).

Ich bin hingegen gewiss, dass die bekannten Daten in Betreff des morphologischen Aufbaus der Euphorbienblüthen bereits jetzt vollkommen zur Entscheidung der Frage hinreichen. Sie ist entschieden vor Allem durch die Schmitz'schen Vergrünungen, und die so gewonnene Deutung wird vom Vergleiche zahlreicher Verwandten unter den Euphorbiaceen bestätigt. Zahlreiche Figuren der Tafel IV. in Flora 1871, z. B. Fig. 6—12 beweisen, dass die „Staubgefässe" ganze Sprosse sind, und die Figuren 10, 11 und 18 insbesondere zeigen, dass ihre „Anthere" aus zwei zu einem vierfächerigen Synandrium (oder Synantherium) vereinigten zweifächerigen Staubblättern besteht. Denn wenn man auch für das verlaubte Stamen der Fig. 18 es für möglich und wahrscheinlich halten könnte, dass zwei Fächer eben nur in der Vergrünung geschwunden seien, so ist das doch in den Fig. 10 und 11, in denen ein echt zweifächeriges, nicht verlaubtes Stamen durch ein Fruchtblatt ersetzt ist, ganz unzulässig. Es lehren diese Vergrünungen ferner, dass der gegliederte „Staubfaden" der Blüthenachse entspricht, und die Gliederung jener Stelle, wo ein Vorblatt unterdrückt ist. Die Ansicht von Schmitz, dass die Euphorbien-Pflanze normal ihren Pollen in einem Kaulom bildet, abnormer Weise aber im Phyllom, schreibt der Pflanze eine ganz unerwiesene Spontaneität in den Bildungsabweichungen zu. Die Vergrünung kann den Pollen und das ganze Antherenfach schliesslich zum Schwinden bringen, aber niemals kann sie ihn ganz wo anders neu erzeugen, da eine solche Erzeugung im Wesen der Vergrünung, als Rückkehr zum vegetativen Leben, durchaus nicht begründet ist.

Es giebt aber noch vorzügliche Bestätigungen der Röper'schen Deutung beim morphologischen Vergleiche (der von Wigand sehr mit Unrecht angefochtenen „Typenmethode"). Da ist zunächst die ganze kleine Gruppe der Anthostemideen (Baillon)[2]), die ebenfalls

[1]) „Cette interprétation, que nous jugeons aussi inacceptable qu'inutile, est à la mode de nos jours, et la plupart des auteurs s'y rangent et s'y rangeront sans doute longtemps encore dans leurs ouvrages."

[2]) Die Baillon'sche Begränzung dieser Untergruppe der Excoecarieen ziehe ich für meinen Zweck der Vergleichung der Müller'schen Behandlung ihrer Gattungen vor.

alle anscheinend 1männige Blüthen besitzen. Das ganze Cyathium finden wir wieder bei Anthostema, worauf schon oft hingewiesen worden ist; nur besitzt jede monandrische Blüthe über der Gliederung ein kleines Perigon. Bei Dalembertia Baill. findet sich an der Gliederungsstelle des Blüthenstiels statt eines vollständigen Perigons ein einzelnes Vorblättchen, superponirt dem an der Basis mit 2 Drüsen versehenen Deckblatte. Da haben wir also den Fall, welchen die Fig. 6, 7, 8, 12 der Schmitz'schen Tafel repräsentiren, und der normale gegliederte „Staubfaden" von Euphorbia geht sowohl nach dem Zeugniss der Vergrünungen als nach dem der offenbarsten Verwandten durch Unterdrückung eines Vorblattes nächst der Gliederungsstelle hervor; ist somit gewiss kein einfacher Staubfaden. Während nun die beiden genannten Gattungen der Anthostemideen, sowie auch Algernonia Baill. und Ophthalmoblapton Fr. Allem. dithecische oder 4fächerige „Antheren" besitzen, findet sich bei Tetraplandra Baill. eine „tetrathecische Anthere" oder eigentlich 2 dithecische, an der Spitze eines centralen, am Grunde ebenfalls articulirten Säulchens der Länge nach angewachsene Antheren[1]). Tetraplandra stimmt danach sehr wohl mit Euphorbia überein, was den Bau der männlichen Blüthe betrifft, nur ist bei Euphorbia jede der 2 vereinigten Antheren mehr vereinfacht, indem sie nur 2 Fächer, und zwar, wie die Durchschnitte 18c und 10a der Schmitz'schen Figuren zeigen, in der Substanz des Staubblattes selbst (also keine Ueberspreitung) bildet. Für die anderen Gattungen der Anthostemideen könnte man dasselbe vermuthen, wenn nicht J. Müller Argov. (in Flora 1872) angäbe, dass bei Algernonia und Ophthalmoblapton hin und wieder ein zweites völlig gleiches Stamen seitlich neben dem terminalen auftrete, von welchem es bald frei, bald mit ihm an der Basis des Filaments ein wenig verwachsen sei. Demnach ist bei diesen Gattungen normal ein wirklich terminales dithecisches, mit einem Filamente versehenes Staubblatt vorhanden. Man könnte daraus auch mit Röper schliessen

[1]) Auch Baillon lässt diese zweite, einer tetrathecischen einzelnen Anthere sicherlich vorzuziehende Deutung gelten, indem er sagt: l'anthère terminale est quadriloculaire (à moins qu'on ne veuille la considéres comme formée par le rapprochement de deux anthères biloculaires au sommet de la colonne commune et articulée). — Unter loculus versteht Baillon nach dem Gebrauch der Systematiker eine 2fächerige Theka.

dass bei Euphorbia, wie auch bei Tetraplandra, das centrale, die Antheren tragende Säulchen aus congenitaler (daher entwickelungsgeschichtlich von der Bildung einer Achse nicht unterscheidbarer) Verwachsung beider Staubfäden entstanden sei. Dem wäre auch der Umstand günstig, dass bei den Euphorbiaceen nicht selten die Staubfäden zu einem die Antheren tragenden Mittelsäulchen verwachsen, wie z. B. bei Maprounea (Excoecaria) guianensis (Baillon V. p. 133), deren 2 vollkommen freie Staubbeutel an der Spitze des Mittelsäulchens sitzen. Dass letzteres keine (blosse) Achsenverlängerung ist, dürfen wir daraus schliessen, dass bei den nächsten Verwandten, z. B. bei Excoecaria agallocha, 2 oder 3 freie antherentragende Staubfäden aus dem Centrum der Blüthe hervortauchen, so dass es ganz unwahrscheinlich ist, dass bei Maprounea sitzende Staubbeutel auf einer Achsenverlängerung vermuthet werden sollten. Ausserdem kommen bei Adenopeltis (Excoecaria) Colliguaya nur am Grunde verwachsene 2 Staubfäden vor, so dass auch Baillon von Maprounea aussagt: „les deux étamines ont leurs filets unis très haut en une longue colonne.“

Aehnlich wie die Excoecarien betragen sich auch die Phyllanthus-Arten: einige besitzen vollständig oder oberwärts freie Staubfäden, andere dagegen 3 sitzende Beutel auf der Spitze einer centralen Säule; ja bei Ph. cyclanthera Baill. sind sogar die 3 horizontalen 2fächerigen Antheren ringförmig um die Platte des Mittelsäulchens angewachsen[1]). In allen solchen Fällen ist eine Verwachsung der Staubfäden ganz einleuchtend. Doch scheinen einer analogen Annahme für Euphorbia die Schmitz'schen Fig. 10 und 11 entgegenzustehen, in denen ein oder zwei stellvertretende Carpelle an der Spitze des Säulchens sich inseriren. Diese Carpelle entspringen offenbar aus der Blüthenachse und können nicht mit den Staubfäden der Antheren verwachsen sein. In dieser zweifelhaften Frage ist besonders Wielandia (Savia) elegans (Baillon l. c. p. 142) von Wichtigkeit. Die männliche und weibliche Blüthe sind ganz analog gebaut, besitzen gleichen Kelch, Corolle und grossen schüsselförmigen Discus. Im Grunde des letzteren sitzt in der weiblichen Blüthe unmittelbar das Pistill aus 5 den Pe-

[1]) Diese Antheren sind insofern interessant, als sie die Verwachsung der Antheren von Cyclanthera explodens zu einer centralen Scheibe in der männlichen Blüthe zu illustriren sehr geeignet sind.

talen superponirten Carpellen. In der männlichen Blüthe aber erhebt sich aus dem Grunde des Discus ein dickes Mittelsäulchen, welches an der Spitze 5 epipetale narbenartige Arme trägt, die in der That ein Stempelrudiment darstellen; unter und zwischen denen (also alternipetal) 5 beinahe sitzende Antheren sich befinden. Dieses Säulchen kann, da es ein 5blätteriges Stempelrudiment trägt, nicht durch einfache Verwachsung der Filamente entstanden sein. Anderseits ist es aber auffällig, dass nur die männliche Blüthe ein Mittelsäulchen besitzt. Wäre letzteres eine blosse Achsenverlängerung oberhalb des Discus, so wäre es doch in der weiblichen Blüthe unter dem Fruchtknoten ebenfalls zu erwarten. Ebenso verhalten sich andere Gattungen der Euphorbiaceen, deren männliche Blüthen ein antherentragendes Mittelsäulchen aufweisen, z. B. auch Maprounea und Dalechampia, während der Fruchtknoten im Perigongrunde der weiblichen Blüthe sitzt, was sich bei diesen unzweifelhaft durch Verwachsung der Staubfäden im Mittelsäulchen erklärt. Alle diese Thatsachen finden nur dann ihre zusammenfassende Erklärung, wenn wir annehmen, dass an der Bildung des Mittelsäulchens die Staubfäden in allen Fällen, wenigstens in einigen aber auch die Blüthenachse sich betheiligt, oder mit anderen Worten, dass die Verschmelzung der Staubfäden eben mittelst der mit ihnen congenital fortwachsenden Achse stattfindet. Congenitales Wachsthum oder Verschmelzung von Blättern mit der Achse ist nichts so Ungewöhnliches. Bei der Bildung der meisten Fruchtknoten mit centraler Placenta sind, wie ich gezeigt habe, sowohl Carpelle als Achse in innigster Verschmelzung betheiligt, ebenso am unterständigen oder Cupularfruchtknoten. Der zwischen der Gliederung und der Doppelanthere liegende Theil des scheinbaren Staubfadens von Euphorbia ist somit ebenso wie das Mittelsäulchen von Wielandia und anderen Gattungen als eine äusserlich mit den Staubfäden der beiden Antheren verschmolzene Achse anzusehen, in der Art, wie es die Fig. 45 schematisch darstellt, in welcher der axile Theil des Durchschnitts einer männlichen Blüthe schraffirt ist. Da nur die Staubfäden mit der centralen Achse verschmelzen, so ist es begreiflich, dass in abnormen Fällen, wo eine Anthere in ein Carpell sich umbildet, das letztere ganz von dieser Achse emporgehoben wird, ebenso wie das Pistillrudiment von Wielandia; auch ist es klar, dass

sich der Discus nur unterhalb des Carpells, nicht unterhalb der Anthere (wie in Schmitz's Fig. 10, 11) bilden kann.

Die Entwickelungsgeschichte ist dieser Auffassung nicht entgegen, denn sowohl die Blüthenachse als auch die Staubfäden würden sich auch für sich durch nachträgliche Streckung eines sehr unentwickelten Theiles unterhalb der Doppelanthere später bilden, können daher auch congenital unter ihr hervorwachsen.[1]) Mehr kann man hier von der Entwickelungsgeschichte nicht verlangen. Ich gestehe Baillon gerne zu, dass die Entwickelungsgeschichte (selbst nach Warming's Rectificirung) auch mit Payer's Deutung verträglich ist, sobald man eine wickelartige Verzweigung des Staubblattes als möglich zugiebt. Aber gerade ihrer Doppeldeutigkeit wegen ist die Entwickelungsgeschichte unzureichend und muss durch den systematischen Vergleich, zu dem ein so tüchtiger Monograph der Familie der Euphorbiaceen besonders berufen gewesen wäre, und, wenn möglich, durch Bildungsabweichungen unterstützt werden. Deren vorurtheilsfreie Erwägung muss zu der Einsicht führen, dass der Widerspruch gegen Payer's und Baillon's Deutung einen tieferen Grund hat, als die Sucht einer Modeansicht zu huldigen.

Analog der männlichen Blüthe der Euphorbia nach unserer Auffassung gebaut ist auch die männliche Blüthe der Dalechampia Plum. Dieselbe besitzt ebenfalls einen gegliederten Blüthenstiel, über der Gliederung aber ein Perigon, aus dem ein kräftiges Mittelsäulchen aus oberwärts freien, zahlreichen Staubfäden mit dithecischen Antheren emporsteigt. Statt des Perigons ein oder mehrere unterdrückte Vorblätter, statt der vielen freien Antheren nur 2 nicht völlig gesonderte Antheren gesetzt und es resultirt die männliche Euphorbienblüthe.

Für die übrigen, als axil angesehenen Staubgefässe (von Najas, Casuarina, Zanichellia etc.) bedarf es noch weiterer Untersuchungen (welche freilich beim Mangel von Vergrünungen grosse Schwierig-

---

[1]) Congenitale Verwachsung scheint ein vielen Botanikern unbekannter Begriff zu sein. Schmitz z. B. frägt (Flora 1871. S. 435), ob Röper (dessen Ansicht fast gänzlich mit meiner hier auseinandergesetzten übereinstimmt) wirklich eine Verwachsung beobachtet. habe. Schmitz meint offenbar die nachträgliche Verwachsung anfangs frei ausgebildeter Theile; denn congenitale Verwachsung, die Röper im Sinne hatte, lehrt keine Entwickelungsgeschichte.

keiten bieten werden, die nur durch sehr sorgfältigen Vergleich überwunden werden dürften), um zu entscheiden, ob das terminale Staubgefäss wie bei Euphorbia und Cyclanthera eigentlich aus mehreren seitlichen mehr oder weniger verschmolzenen besteht, oder ob es wie bei Algernonia und Ophthalmoblapton ein einzelnes terminales Staubblatt ist. Das sonderbare einfächerige Staubgefäss von Caulinia (Najas spec.) erklärt sich wohl in der Weise, dass sein einzelnes centrales Fach den 4 Fächern der Gattung Najas im engeren Sinne zusammen oder vielleicht nur zwei solchen Fächern gleichwerthig ist, also gleichsam durch Verschmelzung dieser Fächer gedacht werden kann, welche Verschmelzung als Umbildung des Zellgewebes der Scheidewände 4- oder 2fächeriger Antheren zu Pollengewebe aufzufassen wäre.

Erklärung der Tafeln.

Tafel V.

Fig. 1. Normaler Staubbeutel der Rosa chinensis; a) von Innen oder Vorn; b) von Rückwärts; c) im Durchschnitt nahe der Basis.

Fig. 2, 3. Petaloide Staubblätter derselben Rosenart.
- Fig. 2. Mit ziemlich wohlgebildetem Beutel.
- Fig. 3. Mit Spuren der Loculamente.

Fig. 4—10. Vergrünte Staubblätter der Abnormität Rosa viridiflora.
- Fig. 4—6. Mit 4 ausgebildeten Pollenfächern.
- Fig. 7. Mit ausgebildeten randständigen, unvollkommenen mittleren Pollenfächern; b) im Durchschnitt; α das linke dickere Pollenfach; c) Spitze des Staubblattes mehr vergrössert; die durch eine feine eingefurchte Linie von der Oberseite unterscheidbare Unterseite des Pollenfaches in den Blattrand übergehend.
- Fig. 8. Rechts nur oberwärts im Ausschnitt mit kurzem Pollenfach, sonst mit drüsig-gezähntem Rande.
- Fig. 9. 10. Linkerseits mit völlig blattartigem Rande.

Fig. 11. Petaloides Staubblatt von Lilium candidum.

Fig. 12. Camellia japonica. Schematischer Durchschnitt durch die am Grunde in einen fleischigen Ring vereinigten Staubblätter st und Corollen c, erstere verblattet. Die physiologische (durch die Schattenlinie ange-

deutete) Oberseite der Corolle nach Innen, die der Staubblätter nach Aussen gekehrt.

Fig. 13. Normales Staubgefäss der Camellie; a) von Aussen oder Rückwärts; b) von Innen, von der zur Blüthenachse gekehrten Seite.

Tafel VI.

Fig. 14—28. Verschiedene umgebildete Staubblätter aus halb gefüllten Blüthen mehrerer Camellienstöcke.

Fig. 14. Innerste noch wenig abnorme Staubgefässe; a) von Aussen; b) von Innen; c) im Durchschnitt.

Fig. 15, 16. Flache petaloide Staubblätter mit Pollenfachrudimenten. 15b) Durchschnitt der 3 Fächer und Spreite.

Fig. 17. Aehnliches Staubblatt, jedoch der rechtsseitige Blattrand auf die Mitte der Aussenseite des Blattstiels verlaufend.

Fig. 18, 19. Staubblätter, deren Blattränder in einer transversalen niedrigen Membran vereint, und so die Spreitenbasis etwas beckenförmig vertieft ist.

Fig. 20. Staubblattspreite (Antherentheil) am Grunde trichterförmig, aussen mit am Trichter auf den Blattstiel herablaufender erhabener Linie; b) der trichterförmige Grund aufgeschnitten.

Fig. 21, 22. Beckenförmig etwas vertiefte schildförmige Antherenspreiten.

Fig. 23a. Antherenspreite in Mitten der Basis mit einer callösen Anschwellung, die mehr rechts ein einzelnes Pollenfach gebildet hat; b) Durchschnitt durch die Spreite, deren Anschwellung und Pollenfach.

Fig. 24, 25, 26. Schildförmige Antherenspreiten, am Grunde mit den 4 Pollenfächern, alle von rückwärts. 25b) von Innen.

Fig. 27. Schildförmige Antherenspreite mit nur 2 grösseren, randständigen Pollenfächern.

Fig. 28. Desgleichen, mit unregelmässig verkrümmten, rechts am Grunde auch verschmelzenden Pollenfächern.

Tafel VII.

Fig. 29—35. Petaloide Antheren der Camellie.

Fig. 29, 30. Schildförmige, der normalen Form schon sehr sich nähernde Antheren; a) von rückwärts; b) von Innen; 29c. Querschnitt von 29a, b.

Fig. 31a. Völlig petaloides, pollenfachloses Staubblatt, mit kappenförmiger, nach rückwärts oder auswärts geöffneter Antherenspreite k; an dem rückwärts blattartig verbreiterten Staubfaden mit blattartigem Fortsatz f, wodurch eine besondere Filamentspreite entstanden ist.

Fig. 31b. Schematische Darstellung derselben Bildung; die schattirten Flächen bedeuten partielle physiologische Oberseiten des Antheren- und des Filamenttheils des Staubblattes, von deren Rändern einerseits die Bildung der Kappe, anderseits die Bildung der Filamentspreite ausging.

Fig. 32, 33, 34. Flache (nicht schildförmige) petaloide Staubblätter mit einseitiger (der rechten Seite angehörender) Antherenbildung. In Fig. 34 sind die oberen Theile der mittleren Pollenfächer in petaloide Läppchen ausgebildet.

Fig. 35. Eine oberwärts petaloide Antherenspreite mit 4 Pollenfächern, die medianen Fächer im unteren Theile in ein breiteres Fach verschmolzen, nach oben in 2 von der Antherenspreite bis zur punktirten Linie völlig gesonderte petaloide, spitze Zinken ausgehend.

Fig. 36—44. Fortlaufende Reihe von Umbildungen der Staubblätter vergrünter Blüthen von Dictamnus albus.

Fig. 36. Ziemlich normale 4kantige, 4fächrige Anthere.

Fig. 37. Aehnliches Staubgefäss; die Anthere von den oberwärts verbreiterten Staubfäden nicht mehr scharf abgesetzt; sie besteht aus zwei Hälften, deren Pollenfächer an der Basis in einander übergehen.

Fig. 38. Ein Staubgefäss von der Form der vorigen Figur; die Pollenfächer aber im grössten unteren Theile in feingesägte Blattränder umgewandelt, nur noch an der Spitze antheroidal angeschwollen.

Fig. 39. Staubblatt, ganz laubartig gebildet, nur an der Spitze noch antheroidal, doppelspreitig; die Ränder der secundären Spreite am Grunde mit den Rändern der primären Blattspreite vereinigt.

Fig. 40. Ungleichseitig ausgebildetes Staubblatt, rechterseits wie Fig. 38, linkerseits wie Fig. 39 gebildet.

Fig. 41—43. Verlaubte Staubblätter; die secundäre Spreite von verschiedener Grösse mit den Rändern von der primären Spreite durchaus gesondert, indem sich ihre Ränder nicht mehr mit denen der Hauptspreite, sondern am Mittelnerven der letzteren untereinander vereinigen.

Fig. 44. Aehnliches Staubblatt; a) von der Innenseite, mit sehr kleiner secundärer Spreite; b) von Aussen, die Hauptspreite an der Spitze noch mit antheroidal angeschwollenen Rändern.

Fig. 45. Schematischer Durchschnitt einer männlichen Euphorbienblüthe; die Staubfäden der beiden einbeuteligen Antheren mit der centralen Achse über deren Gliederung zu einem filamentartigen Säulchen verschmolzen.

Fig. 1.

30/1

Fig. 2

Fig. 3.

Fig. 4.

105/1

Fig. 5

140/1

Fig. 6.

Fig. 1.

96/1

Fig 2

85/1

Fig 3.

200/1

Fig 4

185/1

Fig 5.

Lith von Laue

Curve I.

Curve II.

Curve III.

F. G. Stebler del. Lith. von Laue

Curve I.

35,0 mm. 30,0 25,0 20,0 15,0 10,0 5,0 1,0

17,0° 16,5° 16,0° 15,5° 15,0° 14,5° 14,0°

etiol. grün t.

13. Januar. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22.

Curve II.

6,5 mm. 6,0 5,5 5,0 4,5 4,0 3,5 3,0 2,5 2,0

20,2° C. 20,0° 19,5° 19,0°

2 fr. 10. 2 N. 6 10. 2 fr. 6 10. 2 N. 6 10 2 fr. 6 10. 2 N. 6 10 2 fr. 6 10 2 N. 6 10

27. April. 28. 29. 30.

Curve III.

8,0 mm. 7,0 6,0 5,0 4,0 3,0 2,0 1,0

20,5° C. 20,0° 19,5° 19,0°

10 N. 2 fr. 6 10 2 N. 6 10 2 fr. 6 10 2 N. 6 10 2 fr. 6 10 2 N. 6 10 2 fr. 6 10 2 N. 6 10 2 fr. 6 10 2 N.

April 27. 28. 29. 30. 1. Mai. verfinstert 2. erhellt

F. G. Stebler del. Lith. von Laue

Curve IV.

Curve V.

Curve VI.

F. G. Stebler del.

Lith. von Laue

Čelakovský ad nat. del.

Lith. von Laue

a b 14. c

15. a b

16.

17. 18. 19. a b 20.

21. 22. b 23. a 24.

b a 25. 26. 27. 28.

Čelakovský ad nat. del.

Lith von Laue

29. a b c
30. a b
31. k f a b
32. a b
33.
34.
35.
36. 37. 38. 39. 40.
41. 42. 43. 44. a b 45.

Čelakovský ad nat. del.

Lith von Laue

Ueber die Geschwindigkeit der Wasserströmung in der Pflanze.[1])

Von

E. Pfitzer.

In seinem Handbuche der Experimentalphysiologie der Pflanzen bezeichnete Sachs unsere Unkenntniss der Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser sich unter verschiedenen Verhältnissen bewegt, schon 1865 als eine Lücke, deren Ausfüllung sehr zu wünschen wäre. Trotzdem sind inzwischen nur sehr wenige Versuche in dieser Richtung gemacht worden.

Es gelangten bis jetzt wesentlich drei Methoden zur Anwendung: die Berechnung der Geschwindigkeit aus der Transpirationsgrösse, die Methode der Aufsaugung erkennbarer Flüssigkeiten und diejenige der Beobachtung der Hebung welkender Blätter. Von den Versuchen Unger's[2]) und N. J. C. Müller's[3]), bei welchen Wasser mit höherem Druck durch abgeschnittene Zweige getrieben wurde, können wir dabei wohl absehen, da hier nur die in bestimmten Zeiten durch die wassererfüllten, zum Theil dazu vorher evacuirten Gefässröhren gegangenen Wassermengen gemessen wurden, nicht aber die Geschwindig-

---

[1]) Eine vorläufige Mittheilung über den folgenden Aufsatz findet sich in Verhandlungen des naturhist. medic. Vereins in Heidelberg, November 1875 und in Fühling's landwirthsch. Zeitung 1876, S. 38.

[2]) Weitere Untersuchungen über die Bewegung des Pflanzensaftes. Sitzungsberichte d. Wien. Acad. LVIII. S. 392.

[3]) Botanische Untersuchungen IV. Ueber die Vertheilung der Molekularkräfte im Baum 1875. S. 92.

keit der unter normalen Verhältnissen in der lebenden Pflanze stattfindenden Wasserbewegung. Betrachten wir daher nur die drei erstgenannten Methoden näher.

Der Gedanken, dass der Weg, den der Wasserstrom in einer gegebenen Zeit zurücklegt, gleich sei der in derselben Zeit transpirirten Wassermenge, dividirt durch den Querschnitt der strömenden Masse, stammt von Hales.[1]) Unter der Voraussetzung, dass das Gleichgewicht beständig erhalten bleibt, somit stets genau soviel zuströmt als in gleicher Zeit verdunstet, ist gegen die principielle Zulässigkeit der Berechnungsweise gewiss nichts einzuwenden.

Trotzdem ist dieselbe zur Zeit praktisch kaum verwerthbar, da sie die Kenntniss des Querschnitts der Strombahn voraussetzt. Hales nahm als solche einfach den ganzen Stammquerschnitt nach Abzug der festen Substanz, d. h. nach seiner Schätzung $\frac{3}{4}$ desselben an und berechnete so bei Helianthus annuus eine Geschwindigkeit von etwa 9 Centimetern in der Stunde. Sachs[2]) wies dann darauf hin, dass zunächst Rinde und Mark als bei der Leitung unbetheiligt ganz zu vernachlässigen seien, dass man alle Zellräume in Abzug bringen müsse, und dass die so übrig bleibende feste Substanz des Holzes höchstens $\frac{1}{3}$ der von Hales angenommenen Grösse erreichen würde. Die Geschwindigkeit stellte sich danach auf mindestens 28 Centimeter in der Stunde. Bei Gelegenheit eines von ihm selbst mit einem Silberpappelzweig gemachten Versuchs betont Sachs dann ferner, dass dabei noch die ganze Masse der Zellwände des Holzes als strömendes Wasser betrachtet sei; eigentlich sei aber das Verhältniss der wassererfüllten Molecularinterstitien zur festen Substanz noch vorher zu bestimmen. Sachs schätzt es zu 1 : 1 als ungünstigsten Fall und findet unter dieser Voraussetzung die Schnelligkeit der Strömung zu 11,5 Centimeter in der Stunde.

Betrachten wir die Sache vom heutigen Standpunkt unserer Kenntniss der Wasserbewegung im Allgemeinen, so ist sie eher noch schwieriger geworden. Nicht allein ist uns die Grösse der wassererfüllten Räume in den Zellwänden nach wie vor unbekannt, sondern wir sind auch nicht einmal sicher, dass die Strömung wirklich inner-

[1]) Vegetable Staticks 1727. S. 8 ff.

[2]) Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. S. 234.

halb der Substanz der letzteren, und nicht vielmehr vorzugsweise auf ihrer Oberfläche stattfindet, bei welcher letzteren Annahme wir dann wieder über die Dicke der in Bewegung befindlichen Schicht nichts Positives wissen. So lange uns also hier nicht ein viel tieferer Einblick eröffnet ist, wäre von der ganzen Methode kaum etwas zu hoffen. Auch die neuerdings von Wiesner[1]) angewandte Art der Berechnung mit Zuziehung des Wassergehaltes erreicht nicht das Ziel, wenn sie auch in einzelnen Fällen eine gewisse Annäherung gestattet. Während, wenn Q_s den Querschnitt der strömenden Masse, g die Geschwindigkeit, V die in der Zeiteinheit transpirirte Wassermenge bezeichnet, unter der Voraussetzung, dass Aufnahme und Abgabe sich gerade decken, nach Hales gesetzt werden kann

$$g = \frac{V}{Q_s}$$

benutzt Wiesner, wenn die Länge des Zweigs L, die in ihm enthaltene Wassermenge W ist, die Formel

$$g = \frac{L\ V}{W}$$

Dieselbe wird streng richtig, wenn statt des gesammten Wassergehaltes W die Quantität des in Strömung befindlichen Wassers W_s gesetzt wird. Einmal lehrt die einfache Ueberlegung, dass die Geschwindigkeit der Strömung der Grösse der strömenden Masse umgekehrt proportional sein müsse: ausserdem können wir leicht die zweite Formel aus der ersten ableiten, wenn wir benutzen, dass

$$W_s = Q_s\ L$$

oder

$$Q_s = \frac{W_s}{L}$$

was in die Hales'sche Formel eingesetzt, die Wiesner'sche ergiebt. Wir dürfen aber ebenso wenig annehmen, dass alles im Pflanzentheil begriffene Wasser ströme, als dass der ganze Querschnitt leite. Pflanzentheile, die noch viele Procente Wasser enthalten, leiten fast gar nicht mehr, und bei Geweben, welche grösstentheils aus wassererfüllten Zellen bestehen, ist die Formel gar nicht verwendbar. Immerhin aber nehmen wir, wenn wir statt Q_s den ganzen Querschnitt, oder statt

[1]) Untersuchungen über die Bewegung des Imbibitionswassers im Holze und in der Membran der Pflanzenzelle. Sitzungsber. der Wiener Academie LXXII. Juni 1875.

W, W setzen, den Nenner zu gross an — wir können also doch wenigstens ein Minimum der Geschwindigkeit so finden, und bei entrindeten Holzstücken mag vielleicht sogar die durch Wiesner's Formel erreichte Annäherung des gefundenen Minimums an die gesuchte Grösse leidlich sein, wenn auch wahrscheinlich selbst hier jedes Massentheilchen eine gewisse Wasserhülle fest hält, so lange die Molecularconstitution des ganzen Zweiges nicht gestört, derselbe durch Austrocknen überhaupt leitungsunfähig geworden ist. Wir wollen ja aber nur den normalen Zustand untersuchen.

In dem einen Versuch, wo Wiesner seine Formel angewandt hat, findet er für einen Zweig von Celtis australis, der keine Blätter trug und nur mit einer Querschnittfläche verdunstete, bei der psychrometrischen Differenz 23,0 : 21,5° C. die mittlere Geschwindigkeit der Bewegung zu 5,3 Cent. in der Minute, oder 3,2 Meter in der Stunde, also ziemlich hoch.

Der zweite Weg, auf dem man versucht hat, die in Rede stehende Frage zu lösen, war, dass man die Pflanzen leicht nachweisbare Flüssigkeiten aufsaugen liess und beobachtete, wie hoch dieselben in gegebener Zeit aufstiegen. Es wurden namentlich Farbstofflösungen angewandt, und richtete sich dabei die Aufmerksamkeit der Beobachter weniger auf die Geschwindigkeit als vielmehr auf die Wege des Saftstroms, so dass sie mehr beiläufig auch über die erstere Notizen geben. De la Baisse, der die ganze Methode zuerst anwandte, fand bei Ficus 3 Zoll, bei anderen Bäumen höchstens 4 Zoll Steighöhe in 24 Stunden. Bonnet giebt an, dass in Dinte getauchte Bohnenpflanzen bei 10° R. nach einer Stunde etwa 3 Zoll, nach 2 Stunden über 4 Zoll hoch schwarze Färbung der Gefässbündel zeigten.

Unger sah die Perigonblätter einer mit Phytolacca-Saft begossenen Hyacinthe etwa 20 Stunden später „eine nicht ganz undeutliche Spur“ rother Färbung zeigen — Analoges trat bei Anwendung von Krappabkochung am dritten, bei Anwendung von Hollunderbeersaft am zweiten Tage des Versuchs ein.[1]) Unger fasst die Ergebnisse der ihm bekannt gewordenen Versuche in dieser Richtung später dahin

[1]) Unger, Nachträgliche zu den Versuchen über Aufsaugung von Farbestoffen durch lebende Pflanzen. Sitzungsbericht d. Wiener Academie. X. 1853. S. 118.

zusammen,[1]) dass immer eine längere Zeit als 24 Stunden nöthig war, bis die gefärbte Flüssigkeit in die äussersten Theile der Versuchspflanzen gelangte. Neuerdings hat dann Baillon[2]) bei Experimenten mit abgeschnittenen, mit den Wundfläche in den Saft der Phytolacca-Beeren getauchten Hyacinthen gefunden, dass ihre Perigonblätter bei 20° in einer halben Stunde und selbst in kürzerer Zeit sich färbten, bei 0° 3 bis 5 mal langsamer. Baillon bezeichnet diese Geschwindigkeit — gegenüber den früheren Angaben allerdings mit einigem Recht — als eine überraschende, doch beträgt sie, wenn wir die Länge des Blüthenstandes zu 0,20 Meter annehmen, nur etwa 0,40 Meter in der Stunde. Die Versuche, die in derselben Richtung mit alcoholischen Farbstofflösungen angestellt wurden, weichen zu weit von den in der Natur stattfindenden Vorgängen ab, um für uns hier in Betracht zu kommen. Aber auch hinsichtlich derer mit wässrigen gefärbten Flüssigkeiten hat Sachs[3]) mit Recht hervorgehoben, dass die Membranen wohl auch Wasser aus der Lösung aufnehmen können, ohne sich zu färben. Sehen wir doch schon bei jedem Tropfen Farbstofflösung, den wir auf Fliesspapier fallen lassen, dass Lösungsmittel und Farbstoff bei ihrem Fortschreiten durchaus nicht gleichen Schritt halten. Später (1873) spricht Sachs[4]) besonders aus, dass er in noch höherem Grade als früher Zweifel darüber hege, ob überhaupt auf diese Weise nicht eine rein pathologische Erscheinung hervorgerufen werde.

Die mit Eisenlösungen u. s. w. gemachten Versuche haben kaum günstigere Resultate ergeben, und so war es wohl ein wesentlicher Fortschritt, als Mac Nab[5]) 1871 an Stelle des Farbstoffs spectralanalytisch leicht nachweisbare Salze setzte. Da auch das im Holzkörper aufsteigende Wasser stets kleine Salzmengen enthält, so ist der Eingriff, der durch den Zusatz sehr kleiner Quantitäten der eben genannten Körper erfolgt, ein sehr geringer, jedenfalls die ganze Methode viel weniger dem Vorwurf ausgesetzt, dass sie aus pathologischen

---

[1]) Unger, Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1855. S. 315.

[2]) Baillon, Expériences sur l'absorption par les racines du suc du Phytolacca decandra. Compt. rendus LXXX. 1875. S. 246.

[3]) Handbuch der Eperimental-Physiologie d. Pflanzen. 1865. S. 217.

[4]) Lehrbuch der Botanik. IV. 590.

[5]) Transactions of the botanical Society of Edinburgh. Vol. XI. 1871. p. 45.

Veränderungen Schlüsse auf das normale Verhalten ziehen wolle. Dass das Lithionsalz auch unabhängig vom Lösungswasser in die feuchten Membranen hinein diffundiren könne, war dabei freilich anzunehmen und wurde auch neuerdings von Wiesner[1]) durch den Versuch erwiesen. Doch geht dies so langsam vor sich — Wiesner fand bei Celtis australis nicht ganz 1,7 Centim. pro Stunde — dass es gegenüber der grossen Geschwindigkeit des aufsteigenden Wasserstroms vernachlässigt werden kann. Umgekehrt ist viel eher vorauszusetzen, dass aus der Lösung das Wasser dem Lithion vorauseilen wird, was ebenfalls Wiesner durch einen Versuch belegt hat, in welchem freilich die Geschwindigkeit des Lithionsalzes (3,90 Millim. in der Minute, 23,4 Cent. in der Stunde) ganz auffallend gering ist. Jedenfalls werden wir aber nach dieser Methode bei irgend raschem Wasserstrom wenigstens wieder das Minimum von dessen Schnelligkeit finden können. Die grösste Geschwindigkeit, welche Mac Nab bei seiner ersten Versuchsreihe feststellte, war ein Aufsteigen der Lösung um etwa 0,61 Meter in der Stunde. Es war das viel mehr, als z. B. in den älteren Versuchen mit Farbstoffen gefunden war, und doch vermuthete Sachs[2]) 1873 mit Recht, dass auch dieser Werth zu klein sei.

Es wurde dies zuerst von einer anderen Seite her wahrscheinlich gemacht. Auf der Wiesbadener Naturforscher-Versammlung berichtete der Verfasser[3]) dieser Mittheilung über Versuche, die nach der dritten oben erwähnten Methode angestellt waren. Bei Topfpflanzen, deren Blätter nach längerem Wassermangel begonnen hatten, sich zu senken, deren Spreite aber noch turgescent war, wurde die Stellung einiger Blattspitzen im Raum dadurch bezeichnet, dass gerade vor ihnen und ohne ihre Bewegung zu hindern, eine Nadel horizontal so befestigt wurde, dass Nadelspitze und Blattspitze einander genau gegenüberstanden. Nun wurde die Pflanze begossen und beobachtet, nach welchem Zeitraum Hebung der Blattspitzen eintrat. Es war so alles Pathologische ausgeschlossen — andrerseits aber addirte sich die Zeit, während welcher das Wasser von der Wurzel aufgenommen wurde,

1) a. a. O. S. 32.

2) Grundzüge der Pflanzenphysiologie. 1873. S. 18.

3) Tageblatt d. 46. Versammlung deutscher Naturforscher u. Aerzte zu Wiesbaden. 1873. S. 134.

zu derjenigen, in welcher es sich aufwärts zur Blattinsertion bewegte, und es ist wohl auch anzunehmen, dass im Blattstiel erst eine gewisse Quantität Wasser aufgesammelt wird, ehe die erhöhte Turgescenz die Hebung des Blattes bewirkt. Aus beiden Gründen konnten die so gefundenen Werthe nur als Minima der Geschwindigkeit betrachtet werden. Trotzdem erreichten sie viel höhere Werthe (bis 5 Meter in der Stunde), als bis dahin bekannt waren. Misslich ist aber bei dieser Methode der Umstand, dass kein Beweis dafür gegeben ist, dass diejenigen Wassermoleküle, welche im Blattstiel die Hebung verursachen, identisch seien mit denen, die beim Begiessen der Wurzel zugeführt wurden. Man kann sich auch denken, dass die noch im Stamm befindliche Wassermenge von der in die Wurzel neu eintretenden gewissermassen vorgeschoben wird. Wenn die Wurzeln Wasser aufnehmen, so steigt zunächst die Turgescenz ihrer parenchymatischen Elemente. Dann geben diese Wasser an die Gefässbündel ab, welche es fortleiten, vielleicht auch nur einen höheren Druck fortpflanzen, oder dasjenige Wasser nach oben abgeben, welches sie enthalten, und das neu hinzutretende aufnehmen. In allen drei Weisen können die Zellen im Blattstiel die Möglichkeit erhalten, sich straffer zu füllen und so das Blatt zu heben. Man misst also nicht, wie viel Zeit ein bestimmtes Wassermolekül zu einem bestimmten Weg braucht, sondern nur nach welcher Zeit der Blattstiel seine Turgescenz steigert, wann er überhaupt wieder Wasser erhält und nur in diesem Sinne haben diese Versuche ihre Berechtigung.

Im Jahre 1874 veröffentlichte dann Mac Nab[1]) eine zweite Reihe von Beobachtungen über das Aufsteigen von Lithionlösungen. Im günstigsten Falle (Exp. B. 10. S. 348) fand er, dass ein insolirter Zweig von Prunus Laurocerasus bei 28° C. in 20 Minuten eine Lösung von Lithioncitrat 8 Zoll hob im Stamm allein, 13,5 Zoll im Stamm und Blatt. Das letztere entspricht einer Geschwindigkeit von 1,02 Meter in der Stunde. Im Uebrigen fasst Mac Nab seine Resultate, wie folgt, zusammen.

1) Der rasche aufsteigende Wasserstrom hört Abends nicht auf.

2) Verminderung der Verdunstung durch kurze Zeit dauernde

---

[1]) Experiments on the movements of water in Plants. Part 1. Transact. of the R. Irish Academy. Dublin. 1874. p. 343.

Verdunklung des Zweiges verringert die Geschwindigkeit der aufwärts strömenden Flüssigkeit nicht wesentlich.

3) Die Entrindung des Zweiges stört nicht, da nur der Xylemtheil der Gefässbündel leitet.
4) Nach Entblätterung des Zweiges steigt dennoch in diesem e wohl bemerklicher schneller Wasserstrom auf.
5) Die Flüssigkeit kann sich nicht nur aufwärts, sondern auch abwärts rasch bewegen.
6) Druck mittelst Quecksilber übt keinen merklichen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Strömung.

Nehmen wir zu diesen, noch dazu auf verhältnissmässig wenige Versuche begründeten Sätzen noch den von mir 1873 ausgesprochenen, dass mit sinkendem Wassergehalt der leitenden Holztheile auch ihre Leitungsfähigkeit abnehme, und die aus Baillon's Mittheilung zu ziehende Vermuthung, dass hohe Temperatur — wohl durch Steigerung der Transpiration — die Geschwindigkeit der Strömung erhöht, so haben wir so ziemlich Alles, was in dieser Richtung bekannt ist. Unter diesen Umständen werden die nachfolgenden Versuche, so weit sie auch von einer allgemeinen Lösung der Frage entfernt sind, vielleicht nicht ganz unwillkommen sein.

A. Versuche über Hebung der Blätter.

Die Methode ist in ihren Vorzügen und Mängeln im Vorhergehenden bereits auseinandergesetzt, so dass nur noch Weniges hinzuzufügen bleibt.

Vor Allem sind natürlich Pflanzen mit ausgewachsenen unteren Internodien zu wählen, deren ältere Blätter keine starken Schlafbewegungen oder heliotropischen Krümmungen zeigen, wie das ja ein Vorversuch, bei dem die Erde des Topfes stets nass gehalten wird, insofern zeigt, als nur bei Abwesenheit obiger Störungen die Blattspitze ihre Stellung im Raum dauernd beibehält. Ganz genau ist dies wohl nie der Fall: der Vergleich mit der Nadelspitze lehrt, dass kleine Verschiebungen nach rechts und links, oben oder unten sich fast stets vollziehen, doch sind das nur Schwankungen um eine bestimmte Gleichgewichtslage, die eben vom Wassergehalt des Blattes abhängt. Jene Schwankungen können, ebenso wie schwache helio-

tropische Krümmungen, unbedenklich vernachlässigt werden gegenüber den starken Bewegungen auf- und abwärts, welche die Aenderung des Wassergehaltes der Pflanze nach sich zieht, und welche bisher nicht genügend berücksichtigt worden sind, obwohl sie bei vielen Versuchen über Heliotropismus u. s. w. eine starke Fehlerquelle sein können.

Hinsichtlich der Messungen wäre Folgendes zu bemerken.

1) Als Strombahn ist gerechnet die Entfernung von der Erdoberfläche bis zum Blattansatz, um möglichst Alles auszuschliessen, was zu hohe Werthe verursachen könnte.

2) Die Erfahrung hat gezeigt, dass, wofern das Blatt nicht sehr welk ist, die Entfernung der Blattspitze vom Blattansatzpunct leidlich constant bleibt, so dass die Blattspitze einen Kreisbogen beschreibt, dessen Radius eben jene Entfernung (r) ist. Um jedoch jede Hinderung der Blattspitze, welche sich bei Aufstellung eines senkrechten eingetheilten Kreisbogens bei geringer seitlicher Verschiebung leicht an diesem reiben könnte, zu vermeiden, habe ich vorgezogen entweder mit dem Zirkel die jeweilige Entfernung der Blattspitze von der unverrückbar aufgestellten Nadelspitze zu messen, oder nach jeder Beobachtung die letztere von Neuem gerade der Blattspitze gegenüber zu stellen, und dann mit dem Zirkel wieder die nach einer gewissen Zeit eingetretene Hebung oder Senkung abzugreifen. Der Winkel, um welchen dieselbe erfolgte, ist auch so leicht zu finden. Bezeichnen wir, die nach einer gewissen Zeit zwischen Nadel und Blattspitze liegende Entfernung als Sehne des Kreisbogens mit S, den Hebungswinkel mit α, so ist unter der Voraussetzung, dass die Distanz der Blattspitze vom Ansatzpunct dieselbe (r) blieb

$$S = 2\ r\ \sin\frac{\alpha}{2}$$

$$\log\sin\frac{\alpha}{2} = \log S - \log 2r$$

woraus der Winkel sich ohne Weiteres ergiebt. Benutzt man die zweite der oben angegebenen Messungsarten mit immer neuer Einstellung, so erhält man die successiven Hebungswinkel ohne Weiteres, kann dieselben auch allenfalls noch den Sehnen proportional annehmen. Benutzt man die erste, so erhält

man α immer vom ursprünglichen Stand aus gemessen. Zeigt sich am Ende des Versuchs, dass r nicht ganz sich gleich geblieben ist, so lässt sich auch dafür noch durch Interpolation eine kleine Correctur finden, doch sind die Versuche an und für sich kaum so genau, dass die Correctur geboten wäre.

Von äusseren Bedingungen wurden gemessen:

1) Die Temperatur der Luft.
2) Der Stand des Psychrometers.
3) Die Bodentemperatur durch ein nahe am Topfrand eingeführtes Thermometer.

Da aus den in der Einleitung dargelegten Gründen diese Hebungsversuche für unseren Hauptzweck, die Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit, nur einen relativen Werth haben, so seien hier nur einige wenige mitgetheilt.

1. Justicia Adhatoda, 14. März 1873.

Die Pflanze hatte bis zur Insertion des obersten Blattpaares 25,4 Cent. Stammhöhe, ausserdem statt des verlorenen Gipfeltriebes in der Achsel eines der oberen Blätter (L im Folgenden) einen etwa 2 Cent. langen Seitenspross. Eingestellt wurden die beiden obersten Blätter (R und L) und ein Blatt des nächst tieferen Paares *u*.

r_l (Radius des linken obern Blatts) war 21,8 Cent.
r_r „ „ rechten „ „ „ 22,5 „

Die Pflanze war beim Beginn des Versuchs sehr wasserarm, die Blätter stark geneigt. Die Nadelspitze wurde während des Versuchs nicht verrückt und immer der Abstand der Blattspitze von ihr aus gemessen.

10 h. 37 m. Vormittags wurde begossen bis zum Wasserüberfluss
Temp. d. Luft (T) 17,5 C.
Psychrometer (P) 13,5 C.
Temp. d. Bodens (B) 14,0 C.

Um 10 h. 40 m. zeigten die beiden obersten Blätter Hebung, ein wenig später das untere. Es waren somit — wenn wir überhaupt so schliessen wollen — in drei Minuten 25,4 Cent. durchlaufen, wes einer Geschwindigkeit von 8,5 Cent. in der Minute, 5,1 Meter in der Stunde entspricht.

Der weitere Verlauf des Versuchs für das rechte obere und das untere Blatt folgt aus nachstehender Tabelle, welche für das erstere R auch die aus den Sehnen berechneten Winkel enthält:

Zeit.		Hebung von *R*.	Differenz der Sehnen	Ganzer Hebungs-Winkel für *R*.		Hebungs-Winkel in 5 Min.		Hebung von *u*.	Differenz der Sehnen.
Uhr	Min.	in Millm.	in Millm.	Grad	Min.	Grad	Min.	in Mm.	
10	42	9,0	9,0	2	18	2	18	0	0
	47	23,5	14,5	4	46	2	28	5,5	5,5
	52	47,0	23,5	12	0	7	14	10,0	4,5
	57	73,0	26,0	18	40	6	40	15,0	5,0
11	2	106,0	33,0	27	16	8	36	22,5	7,5
	7	130,0	24,0	33	36	6	26	24,0	1,5
	12	146,5	16,5	38	2	4	26	28,0	4,0
	17	162,5	16,0	42	22	4	20	28,5	0,5
	22	172,5	10,0	45	8	2	46	29,5	1,0
	27	179,0	6,5	46	56	1	48	30,5	1,0
	32	184,5	5,5	48	26	1	30	31,0	0,5
	37	187,0	3,5	49	10		44	31,0	0,0
	42	190,0	3,0	50	2		52	32,0	1,0
	47	191,5	1,5	50	22		20	32,0	0,0
	52	191,5	0,0	50	22		0	32,5	0,5
	57	191,5	0,0	50	22		0	32,5	0,0
12	2	193,0	1,5	—	—			32,0	- 0,5
	22	193,5	0,1	—	—			33,0	1,0
	42	196,0	0,6	—	—			32,5	- 0,5
3	37	198,0	0,03	52	16			32,0	–0,5
5	20	196,0	— 0,08	—	—			33,0	1,0

Die Zeit gestattete nicht, mehr als zwei Blätter fortdauernd zu beobachten, doch verhielt sich das linke obere Blatt sehr analog dem rechten: dasselbe war gehoben

11 h. 15 m.	92 Mm.	3 h. 37 m.	118,0
11 - 37 -	109,5 -	5 - 20 -	115,0
12 - 22 -	118.0 -		

Der Gang der Temperatur war, wie folgt

	Temper. der Luft.	Bodentemper.
11 h. 42 m.	15,6 °C.	14,5 °C.
12 - 2 -	17,5 -	15,0 -

Wir können aus dem Versuch Folgendes entnehmen.

1) Zwei gegenüberstehende Blätter heben sich nicht ganz gleichmässig stark.
2) Das untere Blatt hob sich später als die oberen.
3) Die Hebungsintensität nimmt, ohne ganz regelmässig zu wachsen, doch sichtlich anfangs schnell zu, um dann später langsam wieder zu sinken.
4. Die Blätter brauchten etwa zwei Stunden, um eine annähernd constante Stellung einzunehmen.

2. Justicia Adhatoda, 15. März 1873.

Pflanze von ähnlicher Grösse, wie die vorige, recht welk. Eingestellt zwei Blätter; das untere war 22,9, das obere 25,3 Cent. über der Erdoberfläche inserirt. Um 2 h. 45 m. wurde mit Wasser von der Bodentemperatur begossen. Die Hebung trat bei beiden Blättern ziemlich gleichzeitig um 2 h. 55 m. ein, was — unter dem erwähnten Vorbehalt — einer Geschwindigkeit von 1,52 Meter in der Stunde entsprechen würde.

Das Uebrige ist aus folgender Tabelle ersichtlich.

Zeit.		Hebung des obern Blattes.	Differenz der Sehnen für 5 Min.	Hebung des untern Blattes.	Differenz der Sehnen für 5 Min.	Temperatur. °C.	Psychrometer. °C.	Bodentemperatur. °C.
Uhr	Min.							
2	45	0	0	0	0	24,0	21,5	19,4
3	0	4,0	4,0	4,0	4,0			
	5	7,5	3,5	7,0	3,0			
	10	9,0	1,5	8,0	1,0			
	15	14,0	5,0	12,0	4,0	23,2	20,6	20,5
	20	17,5	3,0	16,0	4,0			
	25	22,5	5,5	20,0	4,0			
	30	26,5	4,0	24,0	4,0	22,5	20,1	20,6
	35	30,0	3,5	29,0	5,0			
	45	40,5	5,2	40,0	5,5	21,5	19,4	21,0
4	0	61,5	7,0	60,0	6,7	20,6	18,7	20,5
	10	75,5	7,0	75,0	7,5			
	15	82,5	7,0	87,0	12,0	20,1	18,2	20,0
	20	88,5	6,0	91,5	4,5			
	25	95,5	7,0	100,0	8,5	19,9	18,1	20,0
	30	99,5	4,0	109,0	9,0			

Zeit.		Hebung des obern Blattes.	Differenz der Sehnen für 5 Min.	Hebung des untern Blattes.	Differenz der Sehnen für 5 Min.	Temperatur. °C.	Psychrometer. °C.	Bodentemperatur. °C.
Uhr	Min.							
4	40	107,0	3,7	117,5	4,2			
	45	111,0	4,0	122,5	5,0			
	50					19,2	17,5	19,9
5	0	117,0	2,0	135,0	4,2			
	15	121,5	1,5	145,5	3,5	18,0	16,2	18,7
	30	125,0	1,2	152,0	2,2			
	45	127,5	0,8	158,0	2,0			
6	0	129,0	0,7	160,5	0,5	17,2	15,7	17,7

Vergleichen wir diesen Versuch mit dem vorigen, so finden sich die Anschwellung und Abnahme der Hebungsintensität wie dort, doch sind die Unregelmässigkeiten grösser, die Hebung beginnt später, erreicht später ihr Maximum und dauert längere Zeit an — auch erreicht die Sehnendifferenz für 5 Minuten nicht so hohe Werthe. Die Differenz im Verhalten der verschieden hoch inserirten Blätter ist hier viel geringer, als im vorigen Versuch. Die erste Gruppe von Unterschieden ist wohl in der relativen Wasserarmuth der zweiten Pflanze zu suchen, was durch folgenden Versuch noch wahrscheinlicher wird, insofern bei diesem, bei noch grösserer Wasserentziehung das Heben noch viel später eintritt, viel langsamer geschieht und viel länger anhält.

3. Justicia Adhatoda, 18. Februar 1873.

An demselben Exemplar, welches zu Versuch 1 diente, aber bei dem jetzt zu beschreibenden Experiment im höchsten Maase wasserarm war, wurden am 18. Februar 5 h. Nachmittags die Spitzen der obersten beiden Blätter (R und L) eingestellt. Die Temperatur der Luft war 17,5, Psychr. 13,1, Bod. 18,0 C. Nach jeder Beobachtung wurde neu eingestellt.

Tag.	Stunde. Uhr	Min.	Entfernung des rechten Blattes v. d. Nadelspitze Mm.	Entfernung des linken Blattes v. d. Nadelspitze Mm.	Luft-temperat. °C.	Psychro-meter. °C.	Boden-temperat. °C.
19. Febr. früh	10		—31,0	— 7,5	22,1	14,2	14,0
N.	1		— 5,0	— 2,5	16,2	11,7	15,2
	3		— 4,0	— 2,0	20,1	14,1	17,5
	4		— 3,8	— 2,2	18,4	13,4	17,5
20. „ früh	10*		—84,0	—67,0	20,6	14,1	14,0
	10	36	— 3,0	— 2,5	18,7	13,2	14,5
	11	6	— 2,5	— 2,0	19,6	13,6	15,1
	11	36	— 1,5	— 1,5	18,7	13,4	15,8
	12	1	— 1,8	— 1,8	19,5	13,6	16,1
	1	21	— 2,2	— 3,0	18,2	13,0	16,2
	2	21	— 1,5	— 1,5	21,1	14,7	17,3
	3	21	— 0,8	— 1,0	19,0	13,6	17,2

* Begossen 10 Uhr 21 Min. bis zum Ueberfluss.

u. s. w. fortdauerndes langsames Sinken beider Blattspitzen, trotz der nassen Erde, die die Wurzeln allseitig umgiebt. Dies Sinken dauerte noch den 21. und 22. Februar fort: erst am 23. Vormittags, drei volle Tage nach dem Begiessen begannen die Blattspitzen sich zu heben. Die Hebung war sehr schwach, durchschnittlich 6 mm. in der Stunde und vollzog sich so noch den ganzen folgenden Tag den 24. Auch am 25. fand immer noch Hebung statt, um etwa 3 mm. in der Stunde. Am 26. Februar Vormittags 10 h. standen die Blattspitzen noch etwa 6 mm. höher als um 5 h. Nachmittags des vorhergehenden Tages.

Am 27. Februar stand das linke Blatt nahezu still, das rechte hob sich noch äusserst langsam. Am 28. 10 h. Vormittags wurde beobachtet, dass das linke Blatt schon sank, während das rechte noch stieg — dann begannen beide langsam zu sinken.

Es macht hier den Eindruck, als ob sich in der Wurzel erst ein ziemlich hoher Druck entwickeln müsse, ehe es demselben gelingt, den Widerstand des wegen Wassermangels schlecht leitenden Holzkörpers zu überwinden, analog wie bei Sachs's[1]) Versuchen über das Welken abgeschnittener Sprosse durch Druck ein schlecht leitendes

[1]) Lehrbuch der Botanik. II. S. 575.

Stück wieder zu kräftiger Leitungsfähigkeit gebracht werden konnte. In beiden Fällen dauert dann diese letztere auch nach Verminderung des Drucks fort.

Als Beispiel des Verlaufes des Vorganges bei einer weniger saftreichen, stark welken Pflanze möge folgender Versuch dienen:

4. Viburnum Tinus, 14. März 1873.

Topfpflanze von 0,5 Meter Höhe, mit acht vollentwickelten Blattpaaren; je ein Blatt des von unten 4., 6., 8. auf derselben Seite wurde eingestellt. Der Gipfel war schwach übergeneigt, die Erde äusserst trocken. Um 3 h. 40 m. wurde begossen (T. 14,5, P. 11,1, Bod. 13,0 °C.) Das unterste Blatt blieb zunächst constant, während die beiden oberen noch um 1 mm. sanken. Um 3 h. 50 m. stand auch das unterste um ebensoviel tiefer.

Um 4 h. 3 m., also 23 Minuten nach dem Begiessen, zeigten alle drei Blätter Hebung, ohne das eine Reihenfolge sich feststellen liess. Es wurde immer von der festbleibenden Nadelspitze gemessen. Die Hebung verlief, wie folgt.

Zeit.		Abstand d. obern Blattes von der Nadelsp.	Differ. des Abstand. f. 10 Min.	Abstand d. mittl. Blattes von der Nadelsp.	Differ. des Abstand. f. 10 Min.	Abstand d. untern Blattes von der Nadelsp.	Differ. des Abstand. f. 10 Min.	Lufttemperatur.	Psychrometer.	Bodentemperatur.
Uhr	Min.	Mm.	Mm.	Mm.	Mm.	Mm.	Mm.	°C.	°C.	°C.
4	13	2,0	3,0	1,0	2,0	1,5	2,5	14,2	10,9	12,5
	23	4,0	2,0	3,0	2,0	4,0	2,5			
	33	7,0	3,0	6,5	3,5	7,0	3,0			
	43	10,0	3,0	8,0	1,5	10,0	3,0			
	53	13,5	3,5	11,5	3,5	14,0	4,0			
5	3	17,0	3,5	14,0	3,0	19,0	5,0	13,5	10,4	
	13	19,0	2,0	17,0	3,0	23,0	4,0	Sprossgipfel aufgerichtet.		
	23	21,0	2,0	19,0	2,0	26,5	3,5			
	33	24,0	0,0	20,5	1,5	29,0	2,5			
	43	24,0	3,0	21,5	1,0	33,0	4,0			
	53	25,0	1,0	23,5	2,0	33,5	0,5			
6	3	25,0	0,0	23,0	0,5	35,0	1,5	13,0	10,0	11,0

Am folgenden Tage, den 15. März stand Mittags 12 Uhr das obere Blatt 29,0 Mm., das mittlere 28,0 Mm. und das untere 44,5 Mm. von der Nadelspitze ab, so dass das Steigen also jedenfalls

noch einige Stunden angedauert hatte. Es stimmt dieser Versuch am meisten mit dem zweiten überein, nur sind die Amplituden noch geringer, das Anschwellen und Sinken der Hebungsintensität desshalb minder deutlich, wenn auch immerhin erkennbar.

Bei einer ähnlichen Pflanze derselben Art hob sich die ebenfalls übergeneigte Spitze, die hier auch eingestellt war, neun Minuten nach dem Begiessen, während die erwachsenen Blätter erst vier Minuten später Hebung zeigten, in welcher Zeit die etwa 73 mm. lange Spitze schon um 8 mm. gestiegen war.

Als Beispiel der Erscheinung bei einer recht saftreichen Pflanze möge noch das folgende Experiment angeführt werden, welches auch eine sehr rasche Hebung, deutliche Anschwellung und Senkung derselben, schnelle Erreichung des Maximums und dabei geringe Winkeländerungen zeigt.

5. Wigandia Vigueri, 22. Januar 1876.

Ein (ohne Topf) 40 Cent. hohes Exemplar mit 9 grossen und 4 noch unausgewachsenen Blättern wurde am 20. Januar Vormittags aus dem Warmhaus in das Beobachtungszimmer gebracht und das von unten vierte Blatt eingestellt. Es sank dessen Spitze zunächst etwas, wohl in Folge der durch die trockene Luft gesteigerten Transpiration, dann wurde seine Stellung constant, am folgenden Tage begann das Sinken wieder; es hatte sich am 22. Januar Vormittags 10 h. 15 m. die Spitze um 36,5 mm. abwärts bewegt, und war in weiterem Fortschreiten nach unten, obwohl die Pflanze noch durchaus turgescent erschien.

Es wurde nun neu eingestellt, nachdem die Entfernung der Blattspitze von Insertionspunkt ($r = 29{,}5$ Cent.), das Perpendikel von ihr auf den Stamm ($S = 28{,}4$ Cent.) und der Abstand des Insertionspunktes vom Boden ($L = 28{,}3$ Cent.) gemessen worden war. Aus den ersten beiden Daten folgte, dass der spitze, nach oben geöffnete Winkel zwischen Blatt und Stamm $\alpha = 74^{\circ}\ (19')$ sei, da ja $S = r \sin \alpha$.

Unmittelbar nach dem Einstellen, um 10 h. 55. m. wurde mit Wasser von der Bodentemperatur des Topfes (14,8 °C.) reichlich begossen.

Zwei und eine halbe Minute später war die Hebung bereits ganz deutlich: nach den obigen Vorstellungen würde sich daraus eine Geschwindigkeit von 11,3 Cent. in der Minute, 6,13 m. in der Stunde als Minimum ergeben.

Die Hebung verlief weiter, wie folgt, wobei immer von der unverrückt bleibenden Nadelspitze gemessen wurde.

Zeit.		Entfernung von der Nadel.	Sehnen-Differenz pro 5 Min.	Ganzer Hebungs-Winkel.		Winkel-Differenz pro 5 Min.		Lufttemperatur.	Psychrometer.	Bodentemperatur.
Uhr	Min.	Mm.	Mm.	Grad	Min.	Grad	Min.	°C.	°C.	°C.
10	55	0	0	0	0	0	0	17,3	13,4	14,8
11	0	2,5	2,5	0	29	0	29			
	5	6,5	4,0	1	16	0	47			
	10	19,5	13,0	3	46	2	30	16,9	13,3	15,0
	15	28,5	9,0	5	32	1	56			
	20	34,5	6,0	6	42	1	10			
	25	40,0	5,5	7	47	1	5			
	30	43,0	3,0	8	22	0	35	17,8	13,8	15,0
	35	45,0	2,0	8	45	0	23			
	40	46,0	1,0	8	56	0	11	18,6	14,4	15,1
	45	47,0	1,0	9	8	0	12			
	50	48,0	1,0	9	20	0	12			
	55	49,5	1,5	9	38	0	18	18,5	14,4	15,3
12	25	54,5	0,8	10	36	0	8	18,4	14,2	15,6
	55	57,0	0,5	11	6	0	6	18,0	14,1	16,0

Dass die Hebung bei längerer Trockenheit der Erde, in der die Pflanze wurzelt, später eintritt, wie schon aus den drei Versuchen 1—3 mit Justicia hervorgeht, lehren auch die folgenden Experimente.

6. Wigandia Vigueri, 24. Januar 1876.

Dieselbe Pflanze war seit dem vorigen Versuch nicht begossen. Am Morgen des 24. hingen die Blätter stark herab, so dass die Linie r mit dem Stamm einen Winkel von 154° 58′ machte, also im Vergleich mit dem Experiment 5 dasselbe Blatt um 80° 39′ gesunken war. Die Linie r selbst war war durch die Krümmung des Blattstiels auf 26,0 Cent. verkürzt, das Perpendikel von der

Blattspitze auf den Stamm mass 11 Cent., woraus sich obiger Winkel ergiebt. Die Stammspitze war leicht übergeneigt, die Pflanze sah im Ganzen welk aus.

Um 9 h. 30 m. wurde mit Wasser von der Bodentemperatur begossen, nachdem die Spitze desselben vierten Blatts eingestellt war. Das Sinken dauerte zunächst fort — erst 9 h. 38 m. zeigte sich Hebung, also nach 8 Minuten, während im vorigen Experiment $2\frac{1}{2}$ Minuten genügt hatten. Die Hebung verlief in folgender Weise — das Anschwellen und Abnehmen der Intensität ist wohl auch ohne Berechnung der Winkel ersichtlich.

Zeit.		Entfernung der Blattspitze von der Nadelspitze.	Differenz der Sehnen für 5 Min.	Lufttemperatur.	Psychrometer.	Bodentemperatur.	r.
Uhr.	Min.	Mm.	Mm.	0 C.	0 C.	0 C.	Cent.
9	30	0	0	20,8	15,5	15,0	26,0
	35	— 3,5	— 3,5				
	39	— 1,0	+ 2,5				
	40	+ 2,0	3,0				
	45	8,5	6,5	21,4	16,0	16,0	
	50	17,0	9,5				
	55	32,0	15,0				
10	0	47,0	15,0	20,6	15,5	16,2	
	5	66,0	19,0				
	10	83,0	17,0				
	15	103,0	20,0	20,7	15,7	16,4	
	20	119,5	16,5				
	25	135,0	15,5				
	30	152,0	17,0	20,8	16,0	17,2	
	35	167,0	15,0				
	40	186,0	19,0				
	45	207,0	21,0	20,5	15,7	17,3	
	50	228,0	21,0				
	55	247,0	19,0				
11	0	269,0	22,0	20,1	15,5	17,4	28,0
	5	283,0	14,0				
	10	298,0	15,0				
	15	311,0	13,0	21,1	16,1	17,5	
	20	325,0	14,0				
	25	333,0	8,0				
	30	338,0	5,0	20,5	15,7	17,8	
	35	347,0	9,0				

Zeit.		Entfernung der Blattspitze von der Nadelspitze.	Differenz der Sehnen für 5 Min.	Lufttemperatur.	Psychrometer.	Bodentemperatur.	r.
Uhr.	Min.	Mm.	Mm.	°C.	°C.	°C.	Cent.
11	40	353,0	6,0				
	45	357,0	4,0	20,0	15,4	17,8	
	50	359,0	2,0				
	55	365,0	6,0				
12	0	367,0	2,0	20,5	15,9	17,8	29,5
	5	368,0	1,0				
	10	370,0	2,0				
1	0	375,0	0,5	18,8	14,6	17,8	
	30	378,0	0,5	18,0	14,0	17,4	
2	45	382,0	0,3	16,5	13,0	16,2	
3	15	384,0	0,3	15,7	12,2	15,8	

Die Hebung dauert länger und erreicht spät ihr Maximum, sie steigt rascher, als sie fällt. Ein um 2 h. 45 m. von der Blattspitze auf den Stamm gefälltes Perpendikel mass 28,8 Cent. — es entspricht das einem Winkel von 77° 31 m., so dass das Blatt noch etwas über die Lage gehoben war, von der der Versuch 5 ausging.

7. Wigandia Vigueri, 31. Januar 1876.

Dieselbe Pflanze, noch trockner geworden, zeigte dann um 9 h. 26 m. begossen, erst 19 Minuten später Hebung — während im eben mitgetheilten Versuch die Entfernung von Blatt- und Nadelspitze zwei Stunden nach dem Begiessen 338 mm. betrug, war sie nun bei demselben Blatt um 11 h. 15. m. erst 180 mm. Noch um 11 h. 45 m. machte das Blatt mit dem Stamm einen nach unten spitzen Winkel von etwa 65°. Erst etwa um 1 Uhr hatte dasselbe die Normalstellung einigermassen erreicht, wenn es auch noch immer sich schwach hob.

Schliesslich noch eine Versuchsreihe mit einem abgeschnittenen Zweig. Es fallen hier die oben geäusserten Bedenken fort, abgesehen von dem einen, dass auch hier der Blattstiel, vielleicht nur Wassermoleküle an sich gezogen hat, die schon in der Pflanze waren, und beweglich wurden, indem von unten her neues Wasser zuströmte und in den unteren Theilen des Zweiges ihre Stelle einnahm.

8. Philadelphus coronarius, 9. August 1875.

Ein starker gerader Wurzelschössling wurde an einem hellen, sonnigen Tage um 10 h. 30 m. einige Zoll über der Erde abgeschnitten und eine Stunde lang an einem Stativ aufrecht befestigt der Verdunstung überlassen. Um 11 h. 38 m. wurde eine neue Schnittfläche hergestellt und die Spitzen dreier Blätter eingestellt: das unterste (u) war 0,87, das mittlere (m) 1,39, das oberste (o) 1,57 Meter über der Schnittfläche inserirt, der ganze Spross mass 1,97 Meter.

Um 12 h. war das mittlere Blatt um 5,5, das obere um 3,0 Mm. von der Nadelspitze entfernt; die Zimmertemperatur betrug 23,7 ° C. der Psychrometer zeigte 20,5. Um 12 h. 3 m. wurde die Schnittfläche in Wasser von 21,4 ° getaucht — 12 h. 10 m. zeigten das mittlere und obere Blatt jedes 2 mm. Hebung, die 12 h. 15 m. auf resp. 3,8 und 3,2 mm. gestiegen war. Berechnen wir danach die Geschwindigkeit, so ergiebt sich 22,4 Cent. in der Minute, 13,44 Meter in der Stunde, wenn wir annehmen, das oberste Blatt hätte auch wirklich Wasser aus dem Gefäss erhalten. Um 12 h. 19 m. wurde neu eingestellt, das Wasser fortgenommen, und die Schnittfläche mit Fliesspapier abgetrocknet: 12 h. 36 m. begann deutlich das Sinken. Um 1 h. stand m 5,5, o 4,2 Mm. unter der Nadelspitze. Es wurde neu eingestellt und wieder Wasser gegeben — das Sinken dauerte anfangs fort, um 1 h. 10 m. begann die Hebung, etwas später, als das erste Mal. Um 1 h. 30 m. stand m 5,0, o 4,0 Mm. nach oben von der Nadelspitze ab. Die psychrometrische Differenz war 24,2 : 20,7. Das Wasser wurde nun wie vorher entfernt: es standen um 4 h. u — 16,2, m — 15,2, o — 14,0 Mm. Die Spitze hängt etwas seitlich über. Um 4 h. 3 m. wird neu eingestellt und die Schnittfläche wieder in Wasser gebracht. Es standen von der Nadel entfernt

	u	*m*	*o*	*T*	*P*
4 h. 8 m.	−1,0 m.	0 m.	−1,0 m.	24.2 °C.	21.0 °C.
13 -	−2,1	0	−1,8		
18 -	−2,1	0	−1,8		
23 -	−1,3	+0,3	−1,0		
28 -	−1,3	1.0	0		

	u	*m*	*o*	*T*	*P*
4 h. 33 m.	−1,0 m.	1,2 m.	0 m.		
43 -	0	3,0	1,0		
5 - 3 -	+2,5	7,5	4,0		
23 -	5,5	9,5	8,0	24,5 °C.	21,2 °C.
43 -	8,0	13,0	10,0		
6 - 3 -	11,0	15,5	14,0	24,6	21,5

Die Hebung erfolgte somit bei allen Blättern ziemlich gleichzeitig, jedoch über 15 Minuten nach dem Eintauchen. Die untersten 4 Blätter des Zweiges hingen noch ganz schlaff herab. Am andern Morgen 9 h. 40 m. war die Spitze straff aufrecht, die beiden untersten Blätter bleiben schlaff, das nächst höhere fällt bei Berührung ab, die folgenden zeigen Hebung, Dieselbe Erscheinung übrigens, dass nach dem Begiessen sehr trockner Pflanzen die untersten Blätter nicht mehr im Stande sind, wieder Wasser aufzunehmen, und dann abfallen, während höher inserirte kräftig fortvegetiren, habe ich auch an eingewurzelten Pflanzen, Rivina, Wigandia u. a. bemerkt.

Um 9 h. 40 m. stand

u + 30,0 *m* + 39,5 *o* + 26,4 Mm.

Um 9 h. 45 m. wurde neu eingestellt, das Wasser entzogen (Psychrom. Differ. 24,9 : 21,4) — um 9 h. 55 m. begannen alle gleichmässig zu sinken. Es standen

	u	*m*	*o*
10 h. 5 m.	− 2,0	− 2,0	− 2,0 Mm.
45 -	− 8,0	− 12,6	− 9,4 -
11 - 5 -	− 11,0	− 15,2	− 10,8 -

Um 11 h. 10 m. wurde wieder Wasser gegeben — obwohl die Spitze frisch blieb, hoben sich die Blätter nicht mehr, wenn die mittleren auch noch einige Zeit turgescent aussahen. Solche nicht mehr sich hebende Blätter enthielten noch nahezu 70 pCt. Wasser.

Mir scheint der Versuch desshalb mittheilenswerth, weil er einmal zeigt, 1) dass auch ohne Mitwirkung der Wurzel sehr rasch wieder Wasser zu den welkenden Blättern gelangt, 2) dass die Höhe der Insertion des Blatts keine entschiedene Wirkung auf die Zeit seiner Hebung hat, 3) dass je frischer der Zweig ist, um so eher Hebung eintritt.

Als ich diese Versuche anstellte, war mir das schnelle Fort-

schreiten des Lithions noch unbekannt und ich unterliess daher, statt Wasser auch Lithionlösungen bei solchen Versuchen anzuwenden; das Nicht-Erscheinen des Lithions wäre im Blattstiel gleichzeitig mit der Hebung dabei zwar insofern nicht beweisend gegen die Ankunft des der Schnittfläche dargebotenen Wassers im Blattstiel, als ja das letztere auch dem Salz vorangeeilt sein könnte. Wenn dagegen gleichzeitig mit der Hebung auch im Blattstiel Lithion auftritt, so ist das ein Beweis für diese Ankunft. Versuche, welche ich im Winter mit Zweigen von Gewächshauspflanzen anstellte (Pogostemon, Justicia, Wigandia, Rhus), misslangen insofern, als meist die Blätter, wenn sie einmal zu sinken begonnen hatten, sich nach dem Eintauchen der Schnittfläche entweder gar nicht mehr oder so spät hoben, dass das Lithion lange vorher in ihnen zu finden war. So zeigte eine kleine Wigandia, um 9 h. 33 m. in nur schwach welkem Zustand abgeschnitten und in Lithionlösung getaucht (T. 19,2, P. 15,0 Temperatur der Flüssigkeit 16,4 ° C.) erst nach 23 Minuten Hebung der oberen Blätter, die 9 h. 58 m. (um 3 Mm. gehoben) untersucht bis zur Spitze Lithion enthielten. Dasselbe war aber auch der Fall mit den unteren Blättern, die sich noch gar nicht bewegt hatten. Versuche mit bewurzelten Pflanzen, die mit Lithionlösungen begossen wurden, liessen dagegen erst lange nach der Hebung in den Blättern die Lithionreaction erkennen, so dass entweder Wasser von der Wurzel viel schneller aufgenommen wird, als das darin gelöste Salz, oder aber die Vorstellung von dem Vorschieben des im Stamm enthaltenen Wassers richtig ist. Zum Vergleich mit den vorigen Versuchen mit Wigandia sei folgender hier angeführt.

9. Wigandia Vigueri, 7. Februar 1876.

Topfpflanze von 0,23 Meter Stammhöhe, recht welk, Blätter hängend. Ein 0,205 Meter über dem Erdboden inserirtes Blatt von 0,145 Meter Radius wurde eingestellt, und 9 h. 57 m. mit einer halbprocentigen Lösung von salpetersaurem Lithion begossen bis zum Ueberfluss (Temp. 15,4, Psychr. 11,0, Boden 15,6). Die Hebung begann 10 h. 8 m. — fünfzehn Minuten darauf (10 h. 23 m.) wurde das Blatt, dessen Spitze nun um 15 Mm. gehoben war, abgeschnitten und geprüft — es enthielt kein Lithion. Ein zweites Blatt, 0,190 Meter hoch inserirt, mit dem Radius 0,197 Meter wurde nun 10 h. 30 m.

eingestellt (T. 15,0, P. 11,2, B. 11,8) — nach acht Minuten hatte es sich um 21 Mm. gehoben — abgetrennt zeigte es sich lithionfrei. Ebenso verhielten sich ein drittes 0,175 M. über dem Erdboden inserirtes Blatt (R = 245) das um 10 h. 42 m. eingestellt und 11 h. 8 m. abgeschnitten wurde, nachdem es bereits mit dem Stamm einen nach oben spitzen Winkel bildete, und ebenso Stückchen der stehengebliebenen Blattstielstümpfe, die um 12 h. 8 m. abgetrennt wurden. Es war also nach über zwei Stunden noch kein Lithion in die Blattstiele gedrungen, während die Pflanze wieder ganz frisch aussah.

Ein 4 h. 28 m. abgetrenntes, 0,165 Meter über der Bodenfläche eingefügtes grosses Blatt gab dann starke Lithionreaktion im Stiel, schwächere bis zur Spitze.

Verlassen wir damit die Hebungsversuche, und wenden uns zu den für die gestellte Frage wichtigeren folgenden Experimenten.

B. Versuche mit Lithionlösungen.

Von wesentlicher Bedeutung für die folgenden Versuche ist es, klar hervorzuheben, dass zwar vielleicht das in den zur Aufsaugung verwandten Lithionlösungen enthaltene Wasser schneller fortschreitet, als das Salz, das aber keinenfalls das Umgekehrte anzunehmen ist. Die Diffusion des Salzes in reinem Wasser erfolgt vielmehr so langsam, dass, wo wir in den Versuchen Lithion finden, jedenfalls auch Lösungswasser anwesend, niemals das Salz dem letzteren vorangeeilt ist. Obwohl sich dieser Schluss schon aus den S. 6 erwähnten Versuchen von Wiesner ziehen lässt, habe ich mich in diesem Punkt doch auch durch eigene Versuche sichern wollen.

Um die Diffusionsgeschwindigkeit des zu den folgenden Versuchen gebrauchten salpetersauren Lithions reinem Wasser gegenüber zu bestimmen, benutzte ich eine etwa 30 Centim. lange Glasröhre, welche in der Mitte durch einen drehbaren eingeschliffenen Glashahn verschliessbar war. Die Röhre wurde ganz mit reinem Wasser gefüllt und nach Schliessung des Glashahns in senkrechter Stellung mit dem unteren Ende in eine 1% Lösung von salpetersaurem Lithion eingetaucht. Mit Hülfe eines kurzen Kautschukschlauchs und eines Quetschhahns, wurde dann die Röhre oben geschlossen und nun der

Glashahn geöffnet, so dass das Salz ungehindert durch die ganze Wassersäule diffundiren konnte. Um nach Ablauf einiger Zeit zu prüfen, ob die oberste Flüssigkeitsschicht schon Lithion enthalte, wurde der Glashahn geschlossen, der Quetschhahn geöffnet und etwas Flüssigkeit zur Untersuchung entnommen — nach umgekehrter Stellung der Hähne konnte dann die Diffusion weiter ihren Fortgang nehmen.

Es dauerte mehrere Tage, bis es mir gelang das Salz oben in der Wassersäule zu finden, die Diffusionsgeschwindigkeit des Lithions in dieser ist somit eine sehr geringe.

Um auch das Verhalten der Lösung gegenüber wassergetränkten Membranen kennen zu lernen, in welchen keine merkliche Wasserbewegung stattfindet, wandte ich blattlose, im Stadium der Winterruhe (December) befindliche Zweige von Philadelphus an. Mit dem unteren Ende in die Lösung getaucht und nach einigen Stunden spectralanalytisch geprüft, zeigten die Zweige das Salz nur um wenige Centimeter fortgeschritten, eine Geschwindigkeit, die, wie wir sehen werden, gar nicht in Betracht kommt gegenüber der raschen Bewegung wirklicher Wasserströmungen. Es ist somit die selbstständige Diffusion des Lithionsalzes in dem beim Eintauchen bereits in den Membranen enthaltenen Wasser keine störende Fehlerquelle in den nachfolgenden Versuchen.

Die angewandte Flüssigkeit wurde erhalten, indem eine gewogene Menge kohlensaures Lithion mit Salpetersäure gesättigt und soviel Wasser hinzugefügt wurde, das auf einen Gewichtstheil des angewandten Carbonats 200 Gewichtstheile Wasser kamen. Trotz dieser grossen Verdünnung (etwa 5/1000) ist die Flammenreaction höchst intensiv: schon ein kleiner Tropfen ertheilt der Flamme carminrothe Färbung.

Eine erste Reihe von Versuchen wurde nun in der Weise ausgeführt, dass die Pflanzentheile, nachdem ihre Schnittfläche eine Zeit lang in die Lösung eingetaucht worden war, herausgenommen und, um zu verhindern, dass sich nach Schluss des Versuches das Lithion noch weiter ausbreite, nach Abtrocknung der Schnittfläche rasch in kurze Stücke zerschnitten wurden. Das Zerschneiden erfolgte in Richtung von oben nach unten, um nicht mit dem Messer lithionfreie Stellen mit lithionhaltigem Saft zu verunreinigen. Ueber jedem Knoten wurde der Spross durchschnitten,

eben so jedes Blatt abgetrennt und alles in richtiger Lage auf einem grossen Tisch ausgebreitet. Die Untersuchung erfolgte ebenfalls von oben nach unten, nachdem einige Vorversuche jedesmal die ungefähre Verbreitung des Salzes festgestellt hatten. Eine Messung der sämmtlichen Abschnitte von der Schnittfläche bis zum höchsten Punkt, wo Lithion sicher nachzuweisen war, gab die Steighöhe. Selbstverständlich wurden die Pflanzen zuvor auf etwaigen selbstständigen Lithiongehalt geprüft, wie er nach Focke (dessen Angaben ich bestätigen kann) bei Samolus, Thalictrum u. A. sich in der Asche zeigt. Um alle Irrthümer durch lithionhaltige Dräthe u. s. w. zu vermeiden, wurden die zu untersuchenden Pflanzentheile in der Spitze der Flamme eingeäschert und dann die entstandene Asche noch an dem Pflanzentheil hängend, höchstens mit einem Tropfen reiner Salzsäure befeuchtet, in den Rand der Flamme gebracht. Die stets vorhandene Kali- und Natronlinie, zwischen denen die Lithionlinie in etwa mittlerer Lage erscheint, geben einen guten Anhalt auch ohne Skala. — Die sonst auch lebhaft rothe breite Kalklinie α liegt der Natronlinie erheblich näher und ist dadurch leicht zu unterscheiden: doch hüte man sich vor Verwechslung der Lithionlinie mit der schwächeren Kalklinie im dunkleren Roth.

10. Philadelphus coronarius, 13. September 1875.

Gesammtlänge des Sprosses 1,28 Meter. Zehn Internodien durch Korkbildung gebräunt, eins halb braun, halb grün, 9 grün.

Eingetaucht 11 h. 37 m., herausgenommen 11 h. 47 m.

		beim Beginn	beim Schluss
Temperatur im Schatten	T_u	21,0	20,5 °C.
- in der Sonne	T_s	30,0	30,0 -
Phychrometer im Schatten	P_u	16,4	16,6 -
- in der Sonne	P_s	23,4	23,4 -
Temperatur der Flüssigkeit	T_f	25,0	27,5 -

Wind schwach, Himmel klar.

Der Spross war vor dem Versuch stark von der Sonne beschienen worden und blieb auch während des Versuchs insolirt.

Bei der Untersuchung zeigte sich das Lithion im zwölften Internodium von oben nahe dem Knoten. Der höchste lithionhaltige Punkt war 0,74 Meter von der Schnittfläche entfernt. Daraus ergiebt sich das Minimum der Geschwindigkeit

in der Minute G_m = 0,074 Meter
- - Stunde G_s = 4,44 -

Im genannten Internodium waren nur Spuren von Lithion vorhanden, im von unten achten war die Reaction sehr deutlich, im siebenten glänzend. Die zu J7 gehörigen Blätter enthielten bis zur Spitze, die von J8 bis zur Mitte, die von J9 kein Lithion.

11. Philadelphus coronarius, 14. September 1875.

Gesammtlänge des Sprosses 1,48 Meter, 11 gebräunte, 11 grüne Internodien. Durchmesser am Grunde 9,5 Mm. Eingetaucht 10 h. 15 m. Vorm., herausgenommen 10 h. 25 m. Wind stärker, sonst wie im vorigen Versuch.

	beim Eintauchen	beim Herausnehmen
T_u	18,9	19,0 °C.
P_u	14,5	14,6 -
T_s	24,7	25,7 -
P_s	19,5	19,9 -
T_f	27,2	28,7 -

In der Mitte des fünften Internodiums von unten Lithion-Spuren, im vierten sehr deutliche Reaction.

Höchste lithionhaltige Stelle 45 Cent. über der Schnittfläche. Danach ist

G_m = 0,045 Meter
G_s = 2,70 -

12. Philadelphus coronarius, 14. September 1875.

Gesammtlänge des Sprosses 1,19 Meter, Durchmesser am Grunde 7,5 mm. 9 braune, 9 grüne Internodien. Sonst wie vorher.

Eingetaucht 11 h. 16 m. Vorm., herausgenommen 11 h. 27 m.

	beim Eintauchen	beim Herausnehmen
T_u	20,4	20,7 °C.
P_u	14,6	14,7 -
T_s	25,4	26,5 -
P_s	17,9	18,5 -
T_f	31,5	31,7 -

Der Lithion liess sich nachweisen bis zu 2/3 der Höhe des zwölften Internodiums von unten, in 89 Cent. Abstand von der Schnittfläche. Danach ist

G_m = 0,081 Meter
G_s = 4,85 -

Das eilfte Internodium ist deutlicher lithionhaltig, im neunten glänzende Reaction. Die Blätter des eilften Internodiums zeigen am Grunde kein Lithion, die des zehnten in der Mittelrippe bis zur Mitte Spuren, ebenso im Parenchym am Grunde, die des neunten sind bis zur Spitze lithionhaltig, doch ist erst im siebenten Blattpaar von unten die Reaction bis zur Spitze glänzend.

Nehmen wir die drei Versuche mit Philadelphus zusammen, so geben sie niedrigere Zahlen, als die aus dem Hebungsversuch 7 berechnete. Uebereinstimmend zeigen Versuch 10 und 12, dass die Hauptbewegung im Stamm aufwärts geht, so dass die Blätter die Reaction schwächer zeigen, als das Internodium in gleicher Höhe.

Ausser dem Holz zeigte bei allen drei Versuchen auch das Mark Lithionreaction.

13. Amarantus paniculatus, 15. September 1875.

Gesammtlänge des abgeschnittenen Sprosses mit Einschluss der Blüthenrispe 1,40 Meter. Der bleibende Stumpf mass 0,25, die Schnittfläche im Durchmesser 0,014 Meter. Der Spross war zuvor und während des Versuchs in voller Sonne, der Wind stark.

Eingetaucht 10 h. 21 m. Vorm., herausgenommen 10 h. 31 m.

	beim Eintauchen	beim Herausnehmen
T_u	17,0	17,0 °C.
P_u	12,5	12,5 -
T_s	21,7	21,5 -
P_s	16,1	16,0 -
T_f	26,2	26,2 -

Die letzte Spur von Lithion liess sich im Stamm 0,97 Meter über der Schnittfläche nachweisen — bei 0,72 Meter war die Reaction noch glänzend und nahm dann nach oben ab, wie das auch in den vorigen Versuchen und sonst deutlich hervortritt. Die Geschwindigkeit berechnet sich

G_m = 0,097 Meter
G_s = 5,82 -

Dabei zeigte aber ein in 0,97 Meter Höhe angeheftetes Blatt bis zur Spitze Lithionreaction, während über seiner Insertion nichts mehr nachzuweisen war, so dass hierin eine Differenz gegenüber den holzigen

Philadelphus-Sprossen hervortritt. Das Blatt war 0,11 Meter lang; hiernach wäre die Geschwindigkeit

$$G'_m = 0{,}108 \text{ Meter}$$
$$G'_s = 6{,}48 \text{ -}$$

In den tieferen Blättern ging die Reaction auch bis zur Spitze und war deutlicher als im Internodium in gleicher Höhe — es scheint, als ob hier die starke Verdunstung die Lithionlösung im Blatt rasch concentrire, wie sie ja auch durch ihre saugende Wirkung wohl hindert, dass die Lösung selbstständig im Stamm aufsteigt, wie bei Philadelphus. Für das Stattfinden einer solchen Concentration spricht auch der Umstand, dass die Spreite die Reaction stärker zeigt als der Stiel, wie sie auch von Natron und Kalk mehr enthält, als dieser, während der Kaligehalt ziemlich gleich erscheint.

14. Amarantus paniculatus, 16. September 1875.

Gesammtlänge des abgeschnittenen Sprosses 1,40 Meter, des Stumpfes 0,10 Meter, Durchmesser der Schnittfläche 0,014 Meter. Das ganze Exemplar etwas schmächtiger und blasser als das vorige.

Eingetaucht 9 h. 48 m., herausgenommen 9 h. 56 m., im Uebrigen wie vorher.

	beim Eintauchen	beim Herausnehmen
T_u	17,6	17,6 °C.
P_u	11,2	11,2 -
T_s	22,2	22,7 -
P_s	15,1	15,7 -
T_f	23,1	25,0 -

Die letzte Spur erschien im Stengel 0,80 Meter über der Schnittfläche. Ein einen Centimeter tiefer inserirtes Blatt zeigte ebenfalls Spuren; im nächst tieferen Blatt, dem dreizehnten von unten 0,21 Meter lang und 0,76 Meter über der Schnittfläche inserirt, war die Reaction sehr deutlich, bei einem 0,13 Meter tiefer inserirten erschien bis zur Spitze eine breite rothe Linie. Auch hier war die Reaction der Spreite glänzender als bei Stiel und Internodium in gleicher Höhe.

Zwischen den beiden obersten lithionhaltigen Blättern war bei diesem Versuch der Stamm nicht durchgeschnitten worden, und somit die Möglichkeit einer nachträglichen weiteren Verbreitung des Lithions

nicht ausgeschlossen. Wir legen daher für die Berechnung der Geschwindigkeit nur das untere Blatt zu Grunde. Danach wäre dieselbe im Stamm

G_m = 0,095 Meter
G_s = 5,70 -

oder in Blatt und Stamm

G'_m = 0,121 Meter
G'_s = 7,27 -

15. Sorghum officinale, 2. October 1875.

Kräftiger Stamm mit 5 grossen Blättern und Fruchtähre.
Eingetaucht 4 h. 8,5 m., herausgenommen 4 h. 13,5 m.

T_u 14,7 P_u 13,2 T_f 15,2 °C.

Das Lithion zeigte sich im Stamm bis 0,46 Meter über der Schnittfläche. Danach ist

G_m = 0,092 Meter
G_s = 5,52 -

16. Helianthus annuus, 16. September 1875.

Ein voll insolirtes Blatt wurde unter Wasser von der Pflanze abgeschnitten, indem der Stiel mit leichter Krümmung in eine flache mit Wasser gefüllte Schale gebogen wurde.

Länge der Blattspreite 0,28 Meter.
„ des Stiels 0,055 „

Eingetaucht 12 h. 47,5 m., herausgenommen 12 h. 49,5 m. Das Blatt blieb unterdessen in voller Sonne.

T_u 23,0 °C. T_s 29,6 °C.
P_u 14,5 - P_s 19,0 -
T_f 24,5 °C.

Die Untersuchung zeigte 0,035 unter der Spitze die Lithionreaction. Danach ist

G_m = 0,15 Meter
G_s = 9,00 -

17. Helianthus annuus, 17. September 1875.

Versuch wie der vorige. Blattfläche 0,28, Stiel 0,058 Meter. Eingetaucht 10 h. 28,5 m. Vorm., herausgenommen 10 h. 30 m. Absorptionszeit somit 1½ Minute.

T_u 20,5 °C. T_s 24,6 °C.
P_u 15,4 - P_s 17,9 -
T_f 20,8 °C.

Die ersten Lithionspuren zeigten sich 0,053 Meter unter der Spitze; etwa acht Centimeter tiefer war die Reaction sehr deutlich, noch 5 Cent. tiefer glänzend. Der Blattrand enthielt da, wo das Blatt am breitesten war, nur Spuren, ein in gleicher Höhe liegender Seitennerv dritten Grades viel mehr Lithion. Auch der Blattgrund war nur sehr schwach lithionhaltig, alles ganz entsprechend der Vorstellung, dass die Gefässbündel zunächst leiten.

Es ergiebt sich aus diesem Versuch

G_m = 0,19 Meter
G_s = 11,40 -

18. Helianthus annuus, 17. September 1875.

Versuch wie der vorige. Blattfläche 0,324, Blattstiel 0,126 Meter. Eingetaucht 11 h. 29 m., herausgenommen 11 h. 31 m.

T_u 22,9 °C. T_s 28,9 °C.
P_u 17,4 - P_s 20,7 -
T_f 28,5 °C.

Das Lithion war bis zur Spitze nachweisbar — 5 Cent. tiefer erschien schon eine breite rothe Linie. Der Blattrand zeigte auch hier weit schwächere Reaction.

Berechnen wir, so ergiebt sich

G_m = 0,225 Meter
G_s = 13,50 -

19. Helianthus annuus, 17. September 1875.

Versuch wie der vorige, doch wurde in Luft durchschnitten. Blattfläche 0,295, Stiel 0,155 Meter. Eingetaucht 11 h. 51 m., herausgenommen 11 h. 53 m.

T_u 23,5 °C. T_s 28,4 °C.
P_u 16,9 - P_s 20,8 -
T_f 30,7 °C.

Drei Cent. unter der Spitze deutliche Reaction, 5 Cent. tiefer breite rothe Linie.

G_m = 0,210 Meter
G_s = 12,60 -

20. Helianthus annuus, 17. September 1875.

Versuch wie der letzte. Blattfläche mit Stiel 0,56 Meter. Eingetaucht 12 h. 31 m., herausgenommen 12 h. 32 m.

T_u 25,2 °C. T_s 30,5 °C.
P_u 17,2 - P_s 20,4 -
T_f 32,2 °C.

Schon dicht unter der Spitze Spuren, 4 Cent. tiefer glänzende Reaction. Danach ist

G_m = 0,55 Meter
G_s = 33, 0 -

Wenn nun auch in diesem Versuch die Luft sehr heiss und trocken, das Blatt stark insolirt und die Temperatur der aufgenommenen Lösung hoch war, so erregte doch dieser hohe Werth, nach dem in zwei Minuten über ein Meter zurückgelegt werden sollte, mein Befremden. Die Versuche waren nun bisher sämmtlich mit der Fehlerquelle behaftet, dass das Zerschneiden des Blattes Zeit erforderte, durchschnittlich etwa 1½ Minuten, während welcher das Lithion noch fortschreiten konnte. Freilich war dasselbe meist dicht an der Spitze gefunden, also in einem Stück, das unmittelbar nach dem Herausnehmen abgetrennt worden war — nunmehr aber war eine Beseitigung dieser Fehlerquelle sehr zu wünschen.

Ich verfuhr nun so, dass ich neben dem aufsaugenden Blatt eine Sekundenuhr, im Freien am bequemsten in der Form eines Metronoms aufstellte. Ich zählte die Sekundenschläge mit und schnitt nun, nachdem das Blatt eine bestimmte Zeit, meist 60 Sekunden absorbirt hatte, von der Spitze des Blattes anfangend alle fünf Sekunden einen schmalen Streifen ab. Dadurch wurde freilich die verdunstende Fläche allmählich verkleinert, aber dieser Nachtheil verschwindet gegenüber dem Vortheil, dass man so dem aufsteigenden Lösungsstrom gewissermaassen entgegengeht und somit in der Bestimmung der Zeit nur um wenige Sekunden irren kann. Als zurückgelegter Weg wurde gerechnet die Entfernung der Eintauchfläche von dem unteren Rande desjenigen Stücks, das zuerst Lithion zeigte.

21. Helianthus annuus, 17. September 1875.

Ein voll insolirtes Blatt wurde 4 h. 37 m. in Luft abgeschnitten, die Schnittfläche feucht gehalten, 4 h. 40 m. im Zimmer eingetaucht

und 4 h. 41 m. mit dem Abtragen begonnen. Die Blattfläche mass 0,343 Meter, der Blattstiel 0,252 Meter.

T_s (im Freien) 23,2 °C.
P_s - - 17,4 -
T_z (im Zimmer in diffusem Licht) 19,9 °C.
P_z - - - - - 16,2 -

Bei der Spectralanalyse zeigte sich das Lithion zuerst in einem 4 h. 41 m. 40 s. abgetrennten Stück, dessen unterer Rand 0,445 Meter von der einsaugenden Fläche abstand. Danach ist

G_m = 0,267 Meter
G_s = 16, 02 -

22. Helianthus annuus, 28. September 1875.

Versuch wie der vorige. Blattlänge mit Stiel 0,56 Meter. Abgeschnitten 9 h. 57 m., eingetaucht 9 h. 59 m. Eine Minute später mit dem Abtragen begonnen.

T_s 24,7 °C. T_z 18,5 °C.
P_s 19,7 - P_z 15,0 -
T_f 19,6 °C.

Ein 1 m. 40 s. nach dem Eintauchen abgetrenntes Stück zeigte zuerst Lithion. Der durchlaufene Weg war 0,406 Meter, danach ist

G_m = 0,244 Meter
G_s = 14, 62 -

Auch bei diesen Versuchen zeigte sich die Zunahme der Intensität der Reaction von der Spitze zum Grunde — das Stück, in welchem diese Steigerung erfolgte, war etwa 8 Cent. lang.

23. Helianthus annuus, 18. September 1875.

Versuch wie der vorige. Blattlänge 0,562 Meter, davon 0,21 Stiel. Abgeschnitten 10 h. 38 m., eingetaucht 10 h. 41 m.

T_s 27,6 °C. T_z 29,0 °C.
P_s 21,9 - P_z 15,5 -
T_f 20,0 °C.

Erste Reaction in einem nach 1 m. 35 s. Absorptionszeit abgeschnittenen Streifen. Weg 0,433 Meter. Danach ist

G_m = 0,273 Meter
G_s = 16, 41 -

24. Helianthus annuus, 18. September 1875.

Versuch wie der vorige. Blattlänge 0,55 Meter, davon Stiel 0,20. Abgeschnitten 11 h. 34 m., eingetaucht 11 h. 36 m. 40 s.

T_s	29,7 °C.	T_z	19,0 °C.
P_s	22,4 -	P_z	15,7 -

T_f 20,9 °C.

Das 1 m. 45 s. nach dem Eintauchen abgeschnittene Stück reagirte deutlich auf Lithion, Weg zu seinem unteren Rande 0,407 Meter.

G_m = 0,233 Meter

G_s = 13,95 -

Die bisher angewandten Blätter waren in Luft abgeschnitten, um den Stiel möglichst dicht am Stamm, also möglichst lang zu erhalten. Sie zeigen trotzdem hohe Werthe und auch das Verbringen des Blattes ins Zimmer drückt dieselben nicht wesentlich. Um den Einfluss der Unterbrechung der Leitung zu entfernen, sollten nun einige Blätter unter Wasser abgeschnitten werden.

25. Helianthus annuus, 19. September 1875.

Abgeschnitten unter Wasser 11 h. 6 m., eingetaucht 11 h. 8 m. Unmittelbar vor dem Eintauchen in die Lösung wurde noch unter Wasser eine neue Schnittfläche hergestellt. Blattlänge nun 0,419 Meter.

T_s	29,4 °C.	T_z	18,7 °C.
P_s	23,1 °C.	P_z	15,2 °C.

T_f 20,4 °C.

Nach 75 Sekunden Absorption und einem Wege von 0,279 Meter zeigte sich Lithion. Danach ist

G_m = 0,372 Meter

G_s = 22,32 -

wonach in der That die Abtrennung unter Wasser günstigere Werthe giebt. Leider trat Regenwetter ein, so dass der Versuch nicht mit gleich disponirten Blättern wiederholt werden konnte. Dagegen wurde nun untersucht, ob die grössere Turgescenz der Blätter Einfluss auf die Leitungsgeschwindigkeit habe.

26. Helianthus annuus, 20. September 1875.

Trüber Tag nach schwachem Regen in der Nacht. Versuch wie der vorige. Abgeschnitten unter Wasser 11 h. 58 m., eingetaucht 12 h. 2 m.

T im Freien	22,5 °C.	T_z	18,6 °C.
P - -	19,7 -	P_z	16,4 -
	T_f 29,4 °C.		

12 h. 3 m. 5 s. wurde die Spitze abgeschnitten und bis 12 h. 4 m. mit dem Abtrennen von Stücken fortgefahren. Die Untersuchung erwies sie alle als lithionfrei — die Lösung hatte also in zwei Minuten den bleibenden Stumpf 0,226 Meter lang **nicht** durchlaufen. Die Geschwindigkeit erreichte also noch **nicht** folgende Werthe.

$$(G_m = 0,113 \text{ Meter})$$
$$(G_s = 6,78 \text{ - })$$

Am 20. Nachmittags fiel ein starker Gewitterregen; am 21. war das Wetter trüb, neblig.

27. **Helianthus annuus**, 21. September 1875.

Versuch wie der vorige. Blattlänge 0,457 Meter. Abgeschnitten unter Wasser 9 h. 12 m., eingetaucht 9 h. 14 m.

T	18,0 °C.	T_z	17,7 °C.
P	17,2 -	P_z	15,1 -
	T_f 18,7 °C.		

Ein 2 m. 20 s. nach dem Eintauchen abgetrenntes Stück zeigte Lithion — es stand 0,254 Meter von der saugenden Fläche ab. Es ist

$$G_m = 0,109 \text{ Meter}$$
$$G_s = 6,54 \text{ - }$$

Danach ist also ganz entschieden bei hohem Wassergehalt des Blattes und geminderter Verdunstung die Geschwindigkeit der Bewegung eine geringere. Dasselbe folgt aus dem folgenden Versuch.

28. **Helianthus annuus**, 22. September 1875.

Um 8 h. 42 m. wurde ein von nächtlichem Regen nasses Blatt unter Wasser abgeschnitten, um 8 h. 45 m. eingetaucht. Blattlänge 0,557 Meter.

T	16,1 °C.	T_z	17,5 °C.
P	15,5 -	P_z	14,9 -
	T_f 18,2 °C.		

In einem 0,226 Meter von der Schnittfläche entfernten, 2 m. 55 s.

nach dem Eintauchen abgetrennten Stück zeigt sich zuerst Lithion. Danach

$$G_m = 0{,}077 \text{ Meter}$$
$$G_s = 4{,}65 \text{ -}$$

Dass Eintreten stärkerer Verdunstung und damit Herabmindung des Wassergehaltes wieder beschleunigen, zeigt dann folgendes Experiment.

29. Helianthus annuus, 23. September 1875.

Nach starkem Regen am Nachmittag vorher Himmel klar, Sonne nur bisweilen durch leichte Wolken verdeckt. Versuch wie der vorige, Blattspreite 0,365 Meter, Blattstiel 0,155 Meter. Abgeschnitten unter Wasser 10 h. 35 m., nach Herstellung einer neuen Schnittfläche eingetaucht 10 h. 37 m. 30 s.

T_s 20,8 °C. T_z 17,4 °C.
- P_s 17,1 - P_z 14,6 -
T_f 17,9 °C.

Ein 1 m. 30 s. nach dem Eintauchen abgetragenes Stück zeigt Lithion. Weg 0,190 Meter.

$$G_m = 0{,}127 \text{ Meter}$$
$$G_s = 7{,}62 \text{ -}$$

Zwei weitere Versuche wurden dann gemacht, um zu prüfen, ob es grossen Einfluss habe, ob das Blatt vorher insolirt sei, oder nicht. Aus den Versuchen war ja wahrscheinlich, dass die Verhältnisse der Temperatur u. s. w. während des Versuchs weniger wichtig seien, als deren Zustände, bevor das Blatt abgeschnitten wurde, insofern von den vorher wirkenden Umständen der Wassergehalt der leitenden Gewebe abhängt.

30. Helianthus annuus, 2. October 1875.

Von derselben Pflanze wurden zwei Blätter, von denen eins besonnt, dass andere im Schatten war, unter Wasser abgeschnitten. Das erstere wurde 12 h. 40 m. 30 s. abgetrennt, 12 h. 42 m. eingetaucht, das letztere 12 h. 47 m. abgeschnitten, 12 h. 48 m. 30 s. eingetaucht.

T_s 23,1 °C. P_s 18,7 °C. T_f 18,5 °C.

Während der Absorption waren beide Blätter insolirt.

Das schon vorher besonnte Blatt (Stiel 0,13, Spreite 0,30 Meter) zeigte Lithion in einem 1 m. 15 s. nach dem Eintauchen abgetrennten Streifen. Der Weg betrug 0,31 Meter. Danach ist

G_m = 0,248 Meter
G_s = 14, 88 -

Das vorher im Schatten befindliche Blatt fast genau gleich gross und ein Internodium tiefer inserirt, gab die Reaction in einem nach 1 m. 10 s. Absorption abgelösten Stück. Der Weg war 0,377 Meter. Danach

G_m = 0,326 Meter
G_s = 19, 56 -

wonach also der erwartete Einfluss nicht hervortritt und wohl durch individuelle Differenzen verdeckt ist.

Um noch eine andere stark verdunstende Pflanze zu prüfen, wurde noch Ricinus untersucht. Leider erlaubten die Witterungsverhältnisse nur noch selten einen Versuch, bei dem man auf hohe Zahlen hoffen durfte.

31. Ricinus communis, 9. October 1875.

Ein grosses stark insolirtes Blatt (Stiel 0,304, Spreite 0,243 Meter) wurde unter Wasser 10 h. 17 m. abgeschnitten, 10 h. 19 m. eingetaucht.

T_s 21,2 °C. P_s 17,9 °C. T_f 16,2 °C.

Auch während des, wie der vorige, ganz im Freien gemachten Versuchs wirkte die Sonne auf das Blatt.

Ein 2 m. 15 s. nach dem Eintauchen abgetrenntes, 0,455 Meter von der Saugfläche entferntes Stück zeigte zuerst Lithion.

G_m = 0,202 Meter
G_s = 12, 12 -

32. Ricinus communis, 9. October 1875.

Versuch wie der vorige. Blattstiel 0,345, Blattspreite 0,288 Meter. Abgeschnitten 11 h. 23 m., eingetaucht 11 h. 25 m.

T_s 23,6 °C. P_s 19,7 °C. T_f 26,9 °C.

In dem 11 h. 27 m. 20 s. abgetrennten Stück Lithion gefunden. Weg dahin 0,517 Meter.

G_m = 0,222 Meter
G_s = 13, 33 -

Das schlechte Wetter des Spätherbstes unterbrach dann die Versuche, deren Fortsetzung im Hochsommer namentlich mit ganzen Pflanzen wohl noch höhere Werthe ergeben dürfte.

Blicken wir auf die mitgetheilten Experimente mit Lithionlösungen zurück, so erscheinen folgende Resultate erwiesen.

1) Die Geschwindigkeit der Wasserbewegung übersteigt unter günstigen Verhältnissen 22 Meter in der Stunde, ⅓ Meter in der Minute.

2) Ein und dieselbe Species zeigt unter verschiedenen Umständen grosse Variationen dieser Geschwindigkeit.

3) Im Allgemeinen steigert Wärme und Trockenheit der Luft durch starke Transpiration die Geschwindigkeit. Bei äusserst wasserreichen, schwach verdunstenden Blättern zeigt sie kleine Werthe. (Vergl. Versuch 27, 28, 29.)

4) Die höhere Temperatur und grössere Trockenheit der Luft genügen nicht, um alle gefundenen Differenzen zu erklären, wir finden auch grössere Geschwindigkeit bei niederer Temperatur u. s. f. (Vergl. Versuch 23, 24.)

5) Die Lithionlösung schreitet so vor, dass die volle Stärke der Reaction erst einige Centimeter unter dem Punkt sich zeigt, an welchem überhaupt noch Lithion nachweisbar ist.

6) In den holzigen Zweigen von Philadelphus steigt die Lösung im Holzkörper höher, als in den Blättern. Bei den krautigen untersuchten Amarantus scheint dagegen der Hauptstrom in die Blätter zu gehen, wo auch durch die Verdunstung die Lösung stärker concentrirt, die Reaction deutlicher wird, als in den entsprechenden Internodien.

Im Eingang dieser Mittheilung wurde auf die Beziehungen zwischen der Geschwindigkeit des Wassers, der aufgenommenen Wassermenge und dem Querschnitt der Strombahn hingewiesen, und es ist klar, dass, wenn die Geschwindigkeit auf anderem Wege gefunden ist, nach der Hales'schen Formel leicht auf den Querschnitt der bewegten

Flüssigkeit geschlossen werden kann. Freilich sind nun die oben gefundenen Werthe nicht als absolute, sondern nur als Minimalsätze zu betrachten — da jedoch mit wachsender Geschwindigkeit bei gleicher Menge der aufgenommenen Flüssigkeit der Stromquerschnitt abnimmt, so können wir wenigstens ein Maximum für den letzteren feststellen, und mit Sicherheit bestimmen, dass er nicht eine bestimmte Grösse überschreite.

Ich habe im vergangenen Herbst nur eine Bestimmung dieser Art ausgeführt, da ich zunächst nur die Geschwindigkeitsfrage ins Auge gefasst hatte. Es wurde bei Versuch 29 vor dem Eintauchen in die Lösung die Schnittfläche des Blatts durch Abstreichen am Rande des Gefässes möglichst vom Wasser befreit und beim Herausnehmen ebenso verfahren, da ein vollständiges Abtrocknen wegen seiner Wirkungen auf die Leitungsfähigkeit sich nicht empfahl. Die aufgenommene Flüssigkeitsmenge wurde dann durch Wägen des Gefässes mit der Lithionlösung bestimmt, und wenn dies auch nur eine Annäherung ergeben konnte, so wird dieselbe doch für unsere Zwecke genügen.

Das Blatt (vergl. das Nähere Versuch 29) nahm in 90 Sekunden 0,182 Gramm Lösung auf, die dann in dem 0,155 Meter langen Stiel und noch 0,035 Meter in der Spreite nachweisbar war. Nehmen wir somit den Weg zu 0,19 Meter, so war bei gleichmässiger Vertheilung

$$Q_s = \frac{W}{G} = \frac{0,182}{0,19} = 0,0096 \ \square\text{Centm.} = 0,96 \ \square\text{Millm.}$$

Nach Abdrücken, die damit auf Lacmuspapier gemacht wurden, betrug der Gesammtquerschnitt des Blattstiels etwa 78 □ mm. Es verhielte sich danach etwa

$$Q : Q_s = 80 : 1.$$

d. h. es würde nur $^1/_{80}$ des Gesammtquerschnitts von strömendem Wasser erfüllt, viel weniger, als selbst Sachs in seiner Berechnung annahm.

Schliesslich sei es noch gestattet, darauf aufmerksam zu machen, dass es leicht ist, sich auch ohne Spectralapparat durch ein einfaches Experiment von der Schnelligkeit der Wasserbewegung ganz unmittel-

bar zu überzeugen, nämlich durch Anwendung geeigneter Farbstofflösungen. Dass diese letzteren bisher so ungünstige Resultate ergaben, lag wohl wesentlich daran, dass mit Gummi, Schleim, Zucker u. s. w. verunreinigte Pflanzensäfte oder stark giftig wirkende Verbindungen angewandt wurde. Eine viel günstigere Substanz, die mir mein verehrter College W. Kühne als in der thierischen Physiologie viel angewandt nannte, ist nach meinen Versuchen das reine indigschwefelsaure Natron, ja selbst das „lösliche Indig-Carmin" des Handels. Lösungen, die $^1/_{1000}$ des reinen Salzes enthalten, sind intensiv blau gefärbt und werden mit Leichtigkeit aufgenommen, ohne sichtliche schädliche Wirkungen hervorzubringen. Bei Blättern von Aristolochia Gigas, Solanum auriculatum, Wigandia Vigueri sowohl, als bei Blüthenständen von Convallaria majalis, namentlich aber bei zu diesem Zweck im Dunkeln erzogenen Keimpflanzen von Zea Mays, Phaseolus vulgaris, Vicia Faba sieht man wenige Minuten nach dem Eintauchen der Schnittfläche in die Lösung die Gefässbündel sich blau färben, bis das ganze Netz derselben feinen blauen Adern gleicht, die sich namentlich von dem gelben Grundton etiolirter Keimlinge schön abheben. Um einige Anhaltspunkte zu geben, theile ich folgende Versuche mit, bei denen stets eine $^1/_{1000}$ des reinen Salzes enthaltende Lösung angewandt wurde.

33. Convallaria majalis, 10. Dezember 1875.

Ein 11 Cent. langer Blüthenstand wurde, nachdem er unter Wasser abgeschnitten war, 11 h. 4 m. in die Lösung eingesetzt. (T etwa 19 ° C.) Um 11 h. 17 m. zeigt die unterste der 7 zusammengeneigten Knospen blaue Aderung, dann abwärts fortschreitend die zwei schon zurückgekrümmten Knospen und die 4 offenen Blüthen, deren unterste um 11 h. 25 m. blauaderig erschien. Obwohl die Pflanze dauernd in der Lösung blieb, öffnete sie mehrere Knospen und verwelkte erst am 19. Dezember.

34. Vicia Faba, 27. Dezember 1875.

Etiolirte Keimpflanze, unter Wasser abgeschnitten und 10 h. 46 m. eingesetzt, hatte um 10 h. 56 m. deutlich blaugeaderte Blätter bis zur Spitze. — Weg dahin 0,24 Meter, T 14,5 ° C.

G_m = 0,024 Meter, G_s = 1,44 Meter.

35. Vicia Faba, 27. Dezember 1876.

Ebenso. Eingesetzt 11· h. 42 m.; (T 15,9 P 12,2) — in 3½ Minuten war die Lösung 23 Cent. fortgeschritten.

G_m = 0,065 Meter, G_s = 3,94 Meter.

36. Vicia Fabia, 27. Dezember 1875.

Ebenso. Eingesetzt 11 h. 53 m.; in 7 Minuten 20 Cent. weit blaue Aderung (T 15,5 P 12,1).

G_m = 0,029 Meter G_s = 1,74 Meter.

37. Phaseolus vulgaris, 27. Dezember 1875.

Etiolirte Keimpflanze, behandelt wie vorher. Eingesetzt 12 h. 33,5 m., blaue Aderung der beiden ersten Blätter deutlich 12 h. 42 m. zurückgelegter Weg 30 Cent. (T 14,7 P 11,7)

G_m = 0,035 Meter G_s = 2,10 Meter.

38. Phaseolus vulgaris, 28. Dezember 1875.

Etiolirte Keimpflanze (Stamm 0,223, Blatt 0,135 Meter lang), vorher einen Tag im Licht und in trockener Luft gehalten, um die Verdunstung zu befördern. Eingetaucht mit der Schnittfläche 11 h. 12 m. — erste Blaufärbung im Blatt bemerkbar 11 h. 16,5 m. Weg 0,35 Meter. (T 12,5 P 9,5). Daraus

G_m = 0,078 Meter, G_s = 4,66 Meter.

Die Färbung wurde bei diesen Versuchen zuerst da deutlich, wo die kleinsten Gefässbündelverzweigungen zwischen den grösseren Bündeln zusammentreffen, als ob die von verschiedenen Seiten zusammenströmende Farbstofflösung hier concentrirt würde. Die kleinen Bündel erschienen daher bald stärker gefärbt als die Hauptnerven. Bei den geraden langen Bündeln des Mais liess sich das Fortschreiten unter dem Mikroskop gut verfolgen. Wie beim Lithion wird auch hier die Intensität nach der Spitze des fortrückenden Streifens hin ganz allmählich schwächer.

Wir haben nach den mitgetheilten Versuchen somit hier eine Farbstofflösung, welche sich beinahe so schnell bewegt, als die Lithionlösungen unter weniger günstigen Umständen und es dürfte dieselbe nach vielen Richtungen gute Dienste leisten können, vor Allem für die Entscheidung, ob die Membranen selbst oder ihre Oberflächen die Hauptleiter sind, eine Frage, mit der ich jetzt beschäftigt bin und hinsichtlich deren ich hier nur wenige Bemerkungen anschliessen

möchte. Vor Allem habe ich sehr vielfach den Farbstoff gerade in den Gefässen gefunden, auch da, wo dieselben zum Theil mit Luft erfüllt waren, so dass im letzteren Fall die Lösung wirklich eine Schicht auf der Innenwand des Gefässes darstellte. Die eigentliche Membran mit ihren Verdickungen erschien dabei durchaus farblos (Keimlinge von Zea Mays, Phaseolus vulgaris); es zeichneten sich dadurch die letzteren sehr scharf von dem gefärbten Innenraum des Gefässes ab. Wo im Blatt von Phaseolus und sonst die kleinen Gefässbündel anastomosiren und, wie eben bemerkt, die Färbung besonders intensiv wird, findet sich der Farbstoff selbst in ungelöstem Zustand auf der Innenfläche der farblosen Membran, so dass die Vorstellung gerechtfertigt erscheint, dass die Lösung auf dieser Innenfläche sich bewegt, dass ihr dann das Wasser durch die benachbarten Parenchymzellen entzogen wird, während der Farbstoff die Membranen nicht passiren kann und so auf der Innenseite des Gefässes zurückbleibt. In anderen Fällen erscheinen dagegen auch die Membranen, namentlich bei stark verdickten Zellen in ihrer Substanz gefärbt, so dass eine eingehendere Untersuchung geboten ist, wenn mir auch für einige Fälle die Bewegung der Flüssigkeit auf den Membran schon jetzt zweifellos erscheint. Die in den nächsten Monaten wieder erscheinende Fülle des Materials wird, wie ich hoffe, diese Frage weiter zu fördern gestatten, als es bisher in den kargen Wintermonaten möglich war.

Heidelberg, 14. Februar 1876.

Nachträgliche Bemerkung.

Die weiteren Versuche, welche Mac Nab (Experiments etc. Part. II. Transact. of the R. Irish Acad. XXV.) im Anfang 1876 über die Aufnahme von Lithium-, Thallium- und Caesium-Citrat durch Zweige von Prunus Laurocerasus veröffentlicht hat, waren mir im Original erst während des Drucks zugänglich — die höchste gefundene Geschwindigkeit ist 17,3 Zoll in einer Stunde.

Ueber die Entwicklung des Samens der Orobanchen.

Von

Dr. Ludwig Koch.

(Mit Taf. VIII, IX, X.)

Die neueren embryologischen Arbeiten gehen besonders darauf aus, die histologische Fundamentaldifferenzirung des jungen Pflanzenorganismus festzustellen. Eine Anzahl fortlaufender Untersuchungen, zu denen das Material aus den verschiedensten Pflanzenfamilien genommen wurde, ergaben, dass die embryologischen Theilungsvorgänge keine willkührlichen sind, sondern dass eine Gesetzmässigkeit besteht, dass schon früh die Anlage der meristematischen Schichten erfolgt, in die die Vegetationspunkte des Stammes und der Wurzel bei ihrem späteren ausserhalb des Samens erfolgenden Wachsthum differenzirt sind. Aus späteren fertigen Verhältnissen lässt sich daher bis zu einem gewissen Grade auch auf die Keimentwicklung schliessen, und wir dürfen erwarten, dass solche Pflanzen, die auf der Uebergangsstufe von einer grösseren Pflanzengruppe zur anderen stehen, auch Verschiedenheiten in ihrer Keimentwicklung sehen lassen werden. Dasselbe gilt von den Gewächsen, die hinsichtlich ihrer Entwicklung nicht mehr völlig den Pflanzen entsprechen, denen sie systematisch nahe gestellt sind. So zum Beispiel die phanerogamen Schmarotzer. Sie weisen durch ihre morphologischen wie physiologischen Verschiedenheiten, die sie selbst Pflanzen derselben Familie gegenüber sehen lassen, darauf hin, dass sie zu den pflanzlichen Organismen gezählt werden müssen, die in ihrer Organisation von

einer höheren zu einer relativ niederen Entwicklungsstufe zurückgegangen sind. Dass dieser Rückschritt sich auch auf ihre embryologische Ausbildung erstreckt, dafür liegen schon Beobachtungen vor. Die Untersuchung der Keimlinge der Rafflesiaceen und Hydnoraceen[1]), sowie der Cuscuteen[2]) ergab grössere oder kleinere Unregelmässigkeiten der Theilungsvorgänge. Es soll nun in vorliegender Arbeit versucht werden zu prüfen, in wie fern sich die Orobanchen den genannten Parasiten in dieser Hinsicht anschliessen[3]). Zugleich sollen die Vorgänge Erwähnung finden, die in dem befruchteten Ovulum von der Befruchtungszeit bis zur Samenreife stattfinden.

Zunächst möge es hier gestattet sein, die Literatur, insoweit sie für die angeregte Frage in Betracht kommt, kurz anzuführen.

Die erste Streitfrage in der älteren Literatur dreht sich darum, ob an dem Embryo Cotyledonen vorhanden sind oder nicht.

Sutton[4]) (1798) erklärt zuerst ganz richtig, es seien deren keine zu sehen. Er schliesst das aus späteren Keimungszuständen und scheint an dem Embryo, wie er sich im reifen Samen vorfindet, keine Beobachtungen angestellt zu haben.

Gaertner[5]) der Sohn (1805) studirte den Embryo in Samen selbst und liefert auch die Zeichnung eines Längsschnittes durch denselben. Ueber den Keimling schreibt er folgendes[6]).

„Embryo globosus, extra seminis axim juxta umbilicum positus, albus; cotyledonibus brevissimis obtusis; radicula obtusissima . . .“

Ferner über den Samen selbst:

„Semina minutissima, numerosissima, elliptica, punctis excavatis reticulata, cinerascentia. Albumen intra integumentum crassiusculum externum et elasticum internum inclusum.“

---

[1]) Graf zu Solms Laubach. Ueber den Bau des Samens der Rafflesiaceen und Hydnoraceen. Botan. Zeitung 1874.

[2]) Vergl. meine Untersuchungen über die Entwicklung der Cuscuteen. Hanstein, botanische Abhandlungen Heft 3, Band 2.

[3]) Die vorläufige Mittheilung der Resultate der vorliegenden Arbeit habe ich in den Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg, Bd. I. Heft III, neue Folge gegeben. Man vergl. auch Botan. Ztg. 1876 Nr. 22.

[4]) Sutton; Transactions of the Linean society. Tom. 4. 1796 pag. 174.

[5]) Gaertner fil.; Supplementum Carpologiae.

[6]) a. a. O. pag. 43 u. 44.

Dem ersten Irrthum bezüglich der Cotyledonen ist ferner ein zweiter gefolgt, der des Vorhandenseins zweier Integumente. Letzterer wurde erst später durch Schacht berichtigt und entstand wahrscheinlich dadurch, dass Gaertner weniger die Ovula als den gereiften Samen seinen Untersuchungen unterzog und von fertigen Zuständen auf frühere schloss.

Was die der Arbeit beigegebenen Zeichnungen angeht, so muss gesagt werden, dass diese keineswegs als vollkommen anzusehen sind. Ich möchte nur des Längsschnittes durch den Samen erwähnen, bei dem etwa das bemerkenswerth ist, dass er uns Aufschluss über die Lage des Keimlings im Samen giebt. Ersterer, nur in seinem Umriss gezeichnet, liegt ganz richtig in der Nähe der Mikropyle. Von den im Texte erwähnten Cotyledonen ist dabei nichts zu bemerken. Ein ebenfalls gezeichneter isolirter Embryo ist so klein, dass an ihm nicht viel gesehen werden kann. Eine kleine seitliche Einschnürung, die ihre Entstehung wahrscheinlich einer Verletzung gelegentlich der Operation des Ausdrückens aus dem Samen verdankt, scheint Gärtner zu der Annahme von Cotyledomen veranlasst zu haben.

Vaucher[1]) 1823 spricht sich gegen das Dasein von Cotyledonen aus. Da er überhaupt keinen Embryo im Samen aufgefunden hat, so muss dieser Ausspruch, ähnlich wie bei Sutton, der Beobachtung späterer Keimungszustände sein Entstehen verdanken. Vauchers hierher einschlagende Forschungen mögen hier Anführung finden:

„J'examinai d'abord la graine avec une forte loupe, sa forme est un peu irrégulière, et en général ovoide: son test est assez épais et fort consistant: c'est à l'extérieur un réseau très-marqué: l'intérieur est une substance blanchâtre, homogène, un peu cornée, qui a tous les caractères de l'albumen de Gaertner mais on n'y reconnoît rien qui ressemble à un embryon, et encore moins à des cotylédons.“

Im Gegensatz zu Vaucher schliesst sich C. A. Meyer[2]) 1830 wieder den Ansichten Gärtners insofern an, als nach seinen Beobachtungen sowohl Cotyledonen wie zwei Integumente vorhanden sind[3]).

[1]) Vaucher, „Mémoire sur la germination des Orobanches.“ Mém. du Muséum d'histoire naturelle. Bd. 10. 1823, pag. 263.

[2]) C. A. Meyer, Flora altaica, Band II.

[3]) a. a. O. pag. 451. „Embryo subglobosus, adlatus umbilici extra axim seminis situs, dicotyledoneus. Cotyledones secundum Gaertnerum brevissimae, obtusae...“

Neues, soweit es unsere Frage angeht, findet sich bei Meyer weiter nicht. Zur Untersuchung verwandte derselbe Phelipaea salsa und lanuginosa.

Endlicher[1]) beschreibt den Embryo als

„in basi albuminis carnosi prope umbilicum sublateralis minimus, ovatus“.

Treviranus[2]) untersuchte 1838 und 1857 den Bau des Samens von Orobanche ramosa. Seine Zeichnungen sind nicht ausreichend, sie stehen etwa auf derselben Stufe wie diejenigen Gaertners. Gegenüber den Ansichten des letzteren spricht sich Treviranus gegen das Vorhandensein von Cotyledonen aus.

Wesentlich Neues brachte Schacht[3]). In seiner embryologischen Arbeit wird zum erstenmal der Bau der Samenknospe in ihren frühen Entwicklungsstadien besprochen. Dabei ergiebt sich — und das ist hier viel genauer und sicherer festzustellen —, dass gegenüber den Beobachtungen Gaertners und Meyers an dem jungen Ovulum nur ein Integument zu sehen ist.

Mit der Keimentwicklung hat sich Schacht nicht beschäftigt. Wie alle älteren embryologischen Arbeiten fast ausschliesslich sich mit dem Befruchtungsacte befassten und die Ausbildung des Keimlings selbst ausser Acht liessen, so auch hier. Schacht suchte nach Beweisen für die pollinistische Befruchtungstheorie. Späteren Entwickungsstadien der befruchteten Eizelle schenkte er wenig Aufmerksamkeit. Demzufolge sind mehrere Präparate mit eingedrungenem Pollenschlauch und daran hängendem Embryo gezeichnet. Der letztere jedoch nur in Umrissen, (Fig. 5 u. 6. Taf. 17) als rundlicher Körper, ohne jede Zelldifferenzirung.

Zur Kenntniss des Baues des ausgebildeten Embryo trägt dagegen Schacht später[4]) wesentliches bei, indem er einen Samendurchschnitt

[1]) Endlicher. Gen. plant. Fl. Germ. 4183 u. 85.

[2]) L. C. Treviranus, Physiologie der Gewächse, Band II. pag. 560, Taf. 3 Fig. 41—43.

— Vermischte Bemerkungen. Botan. Zeitung 1857.

[3]) Schacht. Entwicklungsgeschichte des Pflanzenembryo. 1850. pag. 120. Taf. 17. Fig. 1—6.

— Beiträge zur Anatomie und Physiologie. 1854. pag. 169.

— Lehrbuch der Anatomie und Physiologie, pag. 454.

[4]) Beiträge zur Anatomie und Physiologie, pag. 169.

von Orobanche ramosa giebt, in welchem der in seinen Einzelheiten gezeichnete Keimling liegt. Es ist das die erste derartige Zeichnung. Schacht's Vorgänger beschränkten sich darauf, den Embryo nur in seinen Umrissen abzubilden- Die fragliche, für jene Zeit gute, Abbildung Schachts ergiebt deutlich den einfachen Bau des Keimlings und lässt sehen, dass von Cotyledonen keine Rede sein kann.

Das später in Schacht's Lehrbuch der Anatomie mitgetheilte ist im wesentlichen eine Wiederholung des früher über diesen Gegenstand publicirten.

Als letzte einschlagende Arbeit hätten wir endlich noch der Untersuchungen Caspary's[1]) zu gedenken. Diese erschienen kurz nach den Mittheilungen Schacht's und bestätigten das da gegebene in vielem. Zunächst gilt das für die Frage über Cotyledonen und Integument. Konnte man sie schon durch Schacht als erledigt betrachten, so waren doch die bestätigenden Angaben Caspary's willkommen. Die Untersuchung über den Bau des Samens fand, was seither weniger der Fall war, an einer grösseren Anzahl Species (Caspary untersuchte deren 13) statt. Nach ihr ist die Testa nicht, wie Schacht für Orobanche ramosa zeichnet, mehrere, sondern nur eine Zelllage stark, ausgenommen die Mikropylengegend, wo mehrfach Verdoppelung eintritt. Die verschiedenen Verdickungsformen der Zellen der Testa geht Caspary genau durch. Ferner giebt er Zahlen über die Grössenverhältnisse des Samens, des Embryo und der Zellen des Endosperms.

Ebenso wie die Cotyledonen soll auch die Radicula fehlen, ferner eine Gewebedifferenzirung im Keimling, der aus 13—15 Zellen im Umfang des Längenmeridians und 4—5 Zelllagen im Durchmesser der Breite besteht, nicht vorhanden sein. Es existirt weder Cambium, Wurzelhaube, Mark oder Rinde.

Weniger genau gelangen Caspary die Untersuchungen über den Bau der Samenknospe zur Befruchtungszeit. Letztere, die demselben als zu wenig durchsichtig erschien, ist nur bei auffallendem Lichte gezeichnet. Die Abbildungen über Samen und Embryo gehören dagegen zu den besten bis dahin gelieferten Zeichnungen. Sie sind ge-

[1]) Caspary, Ueber Samen, Keimung, Specien und Nährpflanzen der Orobanchen. Flora 1854. Nr. 37.

nauer als die entsprechenden Schacht's und bekunden, dass ihnen ein eingehenderes Studium des Gegenstandes zu Grunde liegt.

Nach Caspary ist in der Literatur kaum mehr eine Arbeit von Bedeutung zu nennen. Solms-Laubach, der unseren Gegenstand in seiner grösseren Arbeit über phanerogame Schmarotzerpflanzen[1]) mehrfach berührt, thut das meist auf Grund der Forschungen Caspary's. Seine Mittheilungen hierüber sind mehr ein Referat der genannten Arbeit.

Wenn wir auf die Literatur zurücksehen, so finden wir, dass fast nur die Anatomie des reifen Samens ihre Bearbeitung gefunden hat. Wenig bekannt ist noch der Bau des Ovulums zur Zeit seiner Befruchtung. Ganz vernachlässigt wurde die entwicklungsgeschichtliche Verfolgung der Vorgänge, die in der befruchteten Samenknospe von der Zeit ihrer Befruchtung bis zur Samenreife stattfinden. Diese Lücken auszufüllen soll in der vorliegenden Arbeit versucht werden. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei der Ausbildung des wichtigsten Theils des Samens, der des jungen Keimlings geschenkt werden. Nur die Endstadien seiner Entwicklung sind bis jetzt bekannt. Schacht und Caspary haben, wie bereits erwähnt wurde, hierüber gearbeitet und für ihre Zeit gute Abbildungen von dem Orobanchenkeimling gegeben. Wir werden aber sehen, dass deren Beobachtungen, dem ersten Anschein nach kleine, im Ganzen aber nicht unwesentliche, Correcturen erleiden müssen, denn das Bild, das uns genannte Forscher geben, entspricht nicht mehr den Ansprüchen, die wir nach den jetzt vorliegen Forschungen in der Pflanzenembryologie an ein solches zu stellen berichtigt sind. Das wird leicht begreiflich, wenn man bedenkt, dass die fraglichen Untersuchungen in eine Zeit fallen, in der man von einer gesetzmässigen Ausbildung des Keimlings und den dadurch bedingten characteristischen Theilungsvorgängen noch nichts wusste. Die wiederholte Bearbeitung des letztgenannten Theils der Samenentwicklung dürfte damit genügend motivirt erscheinen.

Beginnen wir jetzt unsere Betrachtungen mit dem Studium der anatomischen Verhältnisse der Samenknospe, wie sich solche zur Zeit der Befruchtung im Ovarium vorfindet.

Die hier in sehr bedeutender Zahl vorhandenen Ovula sind sehr

---

[1]) Pringsheim, Jahrbücher etc. Bd. 6.

klein. Ihre Form ist anatrop. Schon in jener frühen Zeit führen sie reichlich Stärke etc., und es bedarf der Anwendung von Reagentien, wie Kali und Essigsäure, um über ihren anatomischen Bau genaueres zu erfahren. An genügend aufgehellten Präparaten von Orobanche Hederae habe ich mich überzeugt, dass nur ein Integument an dem Ovulum vorhanden ist.

In Fig. 1 Taf. VIII. gebe ich die Abbildung des optischen Längsschnittes eines derartiges Ovulums. Das einzige vorhandene Integument besitzt an seinem oberen Theil, neben der Mikropyle nur eine Zelllage. Doch ist das nur die Anfangszelle, (Fig. 1 In.) alle ihr untergeordneten Zellen haben sich längs getheilt und damit die Zellenlage verdoppelt. Zur schärferen Unterscheidung des Gewebes des Knospenkerns von dem Integument sind in unserer Zeichnung die Grenzzellwände beider Gewebe dunkler gezeichnet.

Den grössten Theil der Samenknospe überzieht eine epidermidale Zelllage, deren Zellen dadurch ausgezeichnet sind, dass sie nach aussen sehr gewölbte Zellwände besitzten, ferner dadurch, dass ihre Grösse, im Vergleich zu den unter ihnen liegenden Zellen, eine viel bedeutendere ist. Diese Zelllage wird gebildet aus der oberen Zellschicht des Integumentes und der epidermidalen Lage des basalen Theils der Samenknospe und des Funiculus. Unterbrochen ist dieses Hautgebilde an der Stelle, wo der Funiculus abgerissen. Das ist hier dieselbe, an der letzterer gelegentlich des Reifens des Samens später abzusterben pflegt. Die stark verdickte Testa des Samens entsteht später aus dieser einzelligen das Ovulum überziehenden Zellschicht.

An der Stelle, wo die Mikropyle auf den Knospenkern mündet, ist der letztere durch das Wachsthum des Embryosacks so zusammengedrückt, dass man von ihm hier nur noch die zusammengepressten Membranen einer oder zweier Zellen vorfindet. Der Embryosack selbst ist schlauchförmig, er zieht sich durch das ganze Gewebe des Knospenkerns hindurch bis zur Chalaza hin. Im Verhältniss zu dem übrigen Theil der Samenknospe nimmt er einen ziemlich bedeutenden Raum ein. Häufig kommt es vor, dass er nicht ganz gleichmässig ausgebildet ist. In dem in unserer Figur gegebenen Fall hat er eine kleine Anschwellung in der Mikropylengegend erfahren. In diesem Theile des Embryosackes, direkt an die Mikropyle anstossend, finden wir die beiden Keimzellen. Ihre Form ist länglich. Durch einen

dichteren protoplasmatischen Inhalt ausgezeichnet sind sie nicht leicht zu übersehen. An der entgegengesetzten Seite des Embryosackes gewahrt man die ebenfalls leicht sichtbaren Antipoden.

Der Funiculus ist kurz, sehr einfach gebaut und nur wenige Zelllagen dick. Eine Gewebedifferenzirung findet in ihm nicht statt. Weder hier noch in den angrenzenden Theilen der Samenknospe sind Gefässe oder procambiale Stränge zu sehen.

Dies dürfte das wesentlichste über den Bau des Ovulums zur Zeit seiner Befruchtung sein. Schacht uud Caspary haben sich, wie schon erwähnt wurde, auf dieser Stufe seiner Entwicklung mit ihm beschäftigt.

Schacht[1]) führt über den Bau der Samenknospe zur Zeit ihrer Befruchtung folgendes an:

„Die junge Samenknospe krümmt sich, wird anatrop, der Kern verschwindet vor dem sich mehr und mehr entwickelnden Embryosack, dieser schwillt im oberen wie im unteren Theile an, die grosse obere Anschwellung dehnt sich nach der Raphe zu ins Integument um eine ähnliche, wenn gleich nicht so entwickelte obgleich verhältnissmässig weiterere Aussackung wie bei Pedicularis zu bilden."

Schacht sagt das von Orobanche ramosa und giebt von dieser Species mehrere Zeichnungen[2]), an denen die erwähnte Aussackung des Embryosackes zu sehen ist. Ich habe an Orobanche Hederae, Orobanche ramosa habe ich nicht hierauf untersucht, nie derartige Aussackungen sehen können. Den reifen Samen von Orobanche ramosa untersuchte ich dagegen genau. Er zeigte in allen seinen Theilen eine solche Uebereinstimmung mit dem von Orobanche Hederae, dass ich nicht annehmen möchte, er habe sich früher anders verhalten wie jener.

Mir scheint Schacht weit eher durch das spätere Verhalten des Embryosackes gelegentlich seiner Endospermbildung zu dieser Annahme geführt worden zu sein. Wir werden später sehen, dass der Embryosack sich nicht völlig zum Sameneiweiss umbildet, dass besonders in der Gegend der Mikropyle ein nicht unbedeutendes Stück desselben sein Wachsthum bald sistirt. Gegenüber dem sehr leb-

[1]) Schacht, Entwicklung des Pflanzenembryo, pag. 170.
[2]) Taf. 17 Fig. 1—4.

haft in die Breite wachsenden mittleren Theil des Embryosackes erscheint der untere zurückgebliebene einer Aussackung nicht unähnlich[1]). Ohne die genaue Verfolgung der Entwicklungsgeschichte ist es leicht, in diese Täuschung zu verfallen, zumal da dieses sterile Stück des Embryosackes häufig ein keulenförmiges Ansehen dadurch erhalten hat, dass derjenige Theil desselben, in dem die Keimzellen liegen, schon früher gegenüber dem an ihn grenzenden etwas angeschwollen und mehr in die Breite gewachsen war.

Endlich dürfte Schacht auch nicht genügend aufgehellte Präparate benutzt haben, wenigstens spricht dafür der Umstand, dass er das Ovulum der Orobanchen für wenig durchsichtig erklärt, dass er endlich fast nur Umrisszeichnungen giebt[2]), aus denen über die feinere Struktur der Samenknospe nicht sehr viel zu ersehen ist.

Auch Caspary[3]) spricht von der Undurchsichtigkeit der Samenknospe in ihrem jugendlichen Zustand. Er beobachtete Orobanche Hederae und konnte zur Zeit der Befruchtung des Ovulums nicht feststellen, ob an ihm das Integument ein oder zwei Zelllagen stark sei. Querschnitte durch den halbreifen Samen veranlasste, ihn deren nur eine anzunehmen. Die hierfür gegebene Zeichnung[4]) zeigt, dass das die epidermidal entwickelte erste Zelllage des Integumentes ist, von der oben gesprochen wurde. Die Grösse der Zellen derselben, im Gegensatz zu derjenigen der zweiten Zelllage, die auch auf dem Querschnitt sehr deutlich hervortritt, veranlasste diese Ansicht.

Die andern hierher einschlagenden Zeichnungen Caspary's sind mehr solche bei auffallendem Licht. Sie geben über den feineren Bau des Ovulums wenig Aufschluss. Von dem Embryosack ist z. B. nicht einmal der Umriss angedeutet, so dass sie weder für noch gegen die oben erwähnten Angaben Schacht's sprechen.

Feststellen konnte Caspary, und dies that auch Schacht, dass nur ein Integument vorhanden sei. Ferner constatirt ersterer die Abwesenheit von Spiralgefässen oder Cambium im Funiculus oder in der Raphe.

Verfolgen wir jetzt die Vorgänge, welche in dem befruchteten Ovulum bei seiner Weiterentwicklung stattfinden.

---

1) Man vergl. meine Zeichnungen 20 und 21. Taf. X.

2) a. a. O. Taf. 17 Fig. 3 und 4.

3) a. a. O. pag. 578.

4) a. a. O. Taf. 3 Fig. 2.

Zunächst bemerkt man, dass an Präparaten, in welchen die Pollenschläuche bereits in der Mikropyle angelangt sind, der Embryosack sich quer getheilt hat. Es geschah das in einer Zeit, in der an den Keimzellen noch keinerlei bemerkbare Veränderung vor sich gegangen ist. Die Form des Embryosacks machte eine solche Endospermanlage durch Theilung schon im Voraus warscheinlich, denn sie kommt vorzugsweise dann vor, wenn die sich zum Embryosack entwickelnde Zelle schon vor der Befruchtung des Ovulums ein sehr bedeutendes Wachsthum in die Länge zeigt und sich zu einem schlauchförmig-cylindrischen Gebilde entwickelt.

Die ersten Endospermwände entstehen ziemlich gleichzeitig. Der Embryosack ist schon früh in drei bis vier Stockwerke getheilt; die erste Querwand halbirt ihn, die ferneren Wände entstehen in den beiden Tochterzellen. In dem oberen, der Mikropyle zugekehrten, räumlich meist grösseren Stockwerk entwickelt sich der junge Keimling.

Für die Orobancheen wurde die Bildung des Endosperms an Lathraea squamaria untersucht[1]). Solms-Laubach entfernte neuerdings die letztere von den Orobancheen und stellte sie zu den Rhinanthaceen[2]). Demnach liegen für Orobanche nur die obigen Mittheilungen vor. Diese zeigen, dass, wie der grösste Theil der phanerogamen Schmarotzer, so auch die Orobanchen ihr Endosperm durch Theilung anlegen[3]).

Nachdem den ersten Endospermtheilungen in sämmtlichen Stockwerken des Embryosackes längs wie Quertheilungen — auf welche Art werden wir später sehen — gefolgt sind, bemerkt man, dass die nicht direkt an die Mikropyle grenzende Keimzelle zu einem cylindrischen Keimschlauche auszuwachsen beginnt. Letzterer besitzt in der Dicke kaum die Hälfte des Breitendurchmessers der Keimzelle, aus der er entstanden ist. Er theilt sich vorläufig nicht quer, wächst in der Regel erst einmal an dem Scheitel des Embryosackes herum und geht alsdann zwischen den bereits angelegten Endospermzellen hindurch nach der Mitte des Embryosackes hin (Fig. 20 u. 21. Taf. X.).

---

[1]) Hofmeister, Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen.

[2]) Solms Laubach, „De Lathraearum positione systematica“.

[3]) Nach Hofmeister a. a. O. sind hier nur die Cuscuten ausgenommen, diese lassen das Endosperm durch freie Zellbildung entstehen.

Während dieses Eindringens in das in Theilung begriffene Gewebe des Sameneiweisses schwillt das obere Ende des Keimschlauches zu einer kleinen Kugel an und theilt sich vermittelst einer Querwand von diesem ab. Nahe der Mitte des Embryosackes gekommen steht diese Kugel entweder senkrecht über der Mikropyle oder sie neigt sich seitlich gegen die Längswand des Embryosackes.

Aus dieser Kugel geht vorzugsweise der Keimling hervor, das schlauchförmige Gebilde ist als Vorkeim zu betrachten. Der letztere kommt in dieser Gestalt bei den dicotylen Gewächsen nicht allzuhäufig vor. Nach den Mittheilungen Hofmeisters[1]) ist er bei manchen Labiaten (Lamium purpureum u. maculatum) ferner bei Lathraea squamaria, Pedicularis sylvatica in ähnlicher Form vorhanden.

Bei letzterer spielte dieser pollenschlauchähnliche Vorkeim eine Rolle, indem ihn Schacht mit als Beweis für die von ihm längere Zeit vertretene pollinistische Befruchtungstheorie benutzte.

Der ersten Quertheilung an dem oberen Ende des Keimschlauches folgt sehr bald, oft zu gleicher Zeit eine zweite, so dass die junge Embryokugel aus zwei Zellen besteht, die sich in diesem Stadium hinsichtlich ihrer Grösse noch ziemlich gleich sind (Fig. 2. Taf. VIII.). Im weiteren Verlauf überwiegt das Wachsthum der an der Spitze liegenden Zelle. In dem in Fig. 3 gegebenen Entwicklungsstadium ist sie der Anschlusszelle bereits 2—3 mal an Grösse überlegen. In dieser Zeit scheint der plasmatische Inhalt des schlauchförmigen Vorkeims zu verschwinden. Sein Inhalt wird wasserhell, seine Membran brüchig. Das Letztere zeigt sich besonders bei der Präparation des jungen Keimlings, deren ich hier kurz gedenken möchte.

Seither war es nicht nöthig zum Isoliren des Embryos zu schreiten, es genügte das Aufhellen der Samenknospe. Von jetzt ab hört das auf, die Theilungsvorgänge des Endosperms hindern eine genaue Beobachtung des Keimlings. Das Freilegen des Letzteren gelingt durch Quetschen der Samenknospe unter dem Deckglas besonders dann ziemlich leicht, wenn man — was für die ersten Stadien günstig — Kali als Zusatz-Flüssigkeit gewählt hat. Nach dem Auswaschen und der Behandlung mit Essigssäure und Glycerin erhält man recht brauchbare Präparate.

---

[1]) Hofmeister, Neue Beiträge. Tafel 18—21 und 24.

Für die späteren Entwicklungsstadien des Keimlings wirkt die Anwendung von Kali während des Ausquetschens ungünstig. Der Embryo enthält da so reichlich fette Oele, dass mit Kali eine Verseifung eintritt, die nicht leicht wieder zu beseitigen ist und das Präparat unklar macht. Selbst der Zusatz von Säuren, wie Salzsäure, Essigsäure u. a. genügt nicht, den Embryo wieder aufzuhellen.

Hier hat man unter Wasser auszuquetschen und das Fett durch Benzol oder Chloroform zu extrahiren. Zwischen Wasser und Benzol ist Alkohol einzuschieben, endlich kommt nach dem Entfernen des Fettes wieder Kali zur Beseitigung der Stärke zur Anwendung. Essigsäure wirkt nicht in allen Fetten günstig, man bedient sich ihrer am besten dann, wenn das Object zu durchsichtig geworden ist. Es wird alsdann zwar etwas dunkel, die jungen Theilungswände treten dagegen schärfer hervor. Hat man ein günstiges Präparat zu Stande gebracht, so zeichnet man sich die Lage des Keimlings, vor dem Wegnehmen von dem Objecttische, am besten dadurch, dass man mit der Cylinderblendung einen mit Gummi bestrichenen Papierindex an den Objectträger schiebt.

Bei dem Ausquetschen des Keimlings zeigt sich, dass je jünger derselbe, desto grösser die Wahrscheinlichkeit ist, mit ihm den Keimschlauch hervorzuziehen und freizulegen. Nur in ganz jungen Stadien gelingt dies vollkommen, in späteren erlangt man günstigen Falls nur kleine Bruchstücke. Der isolirte Keimschlauch lässt in der Regel noch die Windnngen sehen, die er im Embryosack einnahm. Seine Membranen sind äusserst zart, ähnlich denjenigen der Pollenschläuche. Häufig hat man besondere Lichteffecte nöthig, wie schiefes Licht, enge Blendung etc., um sie deutlich sehen zu können.

Mit der Bildung der beiden Endzellen scheint der physiologische Zweck des Keimschlauches beendet zu sein. Sein protoplasmatischer Inhalt wird von einem wasserhellen verdrängt; er reisst bei schwachem Druck, wie ihn beispielsweise das Ausdrücken aus dem Ovulum bedingt, entzwei. Er hat die Zellen aus denen der junge pflanzliche Organismus entsteht, angelegt, zu ihrer Ernährung etwa als Saugorgan hat er nicht nöthig beizutragen, denn jene liegen in dem plasmatischen Inhalt der Zellen des Embryosackes, aus dem sie auf osmotischem Wege ihren Nährstoff direkt aufzunehmen im Stande sind.

Wir hätten jetzt das Verhalten dieser beiden Endzellen näher

ins Auge zu fassen und zu untersuchen, welche Rolle sie bei dem Aufbau des jungen Keimlings spielen, in welcher von ihnen die hauptsächlichsten Theilungsvorgänge stattfinden. Es ist schon oben erwähnt worden, dass das Wachsthum der Endzelle das der unter ihr liegenden Zelle überwiegt. Ich fand die erste neue Wand (Fig. 4, Taf. VIII.) an solchen Präparaten vor, an denen die obere Zelle etwa drei bis viermal grösser war als die untere. Diese erste Wand ist stets eine meridiane. Sie lässt aus der oberen Zelle des Vorkeims zunächst zwei hemisphärische Tochterzellen entstehen und diese letzteren theilen sich bald darauf durch zwei weitere meridiane Wände, die senkrecht auf die zuerst vorhandene gestellt sind, in je zwei weitere Zellen. Von dem Vorhandensein dieser Längstheilungen, noch vor Eintritt einer äquatorialen Wand hat man sich durch Rollen des Keimlings unter dem Deckglas zu überzeugen.

Am deutlichsten treten diese Verhältnisse hervor, wenn man den Embryo von der radicularen oder cotyledonaren Seite betrachtet und so von oben oder unten auf denselben herabsieht. In den Figuren 14 und 15, Taf. IX. sind derartige Ansichten, allerdings von älteren Keimlingen, gegeben in denen die erst entstandenen Wände stärker gezeichnet sind. Fig. 14 stellt den optischen Querschnitt der radicularen, Fig. 15 den der cotylischen Keimlingshälfte dar.

Hanstein[1]) hat in seiner Arbeit über die Entwicklung des Keimlings der mono- und dicotylen Gewächse bei Capsella bursa pastoris, Oenothera nocturna und anderen die ersten Theilungen mehr so gegeben, wie sie sich in einer Ebene gesehen darstellen, und somit der Existenz einer zweiten Längswand weniger erwähnt. Doch wird bei der Keimentwicklung von Nicotiana Tabacum[2]) auch von einer zweiten Längstheilung gesprochen. Allerdings scheint hier nach Hanstein (p. 27) jenen Längstheilungen eine Ouertheilung der Embryonalkugel vorherzugehen. In den Fig. 21. A, B. und C. Taf. 6 giebt Hanstein Scheitelansichten und optische Querschnitte des Embryos von Nicotiana, an denen das Vorhandensein zweier Längswände nicht zu verkennen ist.

Deutlicher hat Kny[3]) die Existenz und zwar die Praeexistenz

1) Hanstein, botanische Abhandlungen Bd. 1. Heft I.

2) a. a. O. pag. 26. Taf. 5. 1—14, 6. 15—28.

3) Kny; Botanische Wandtafeln mit erläuterndem Text. 1. Abth. 1874.

zweier meridianer Wände in dem Embryo von Brassica Napus L. nachgewiesen. Kny sagt hierüber[1]) folgendes:

„Während durch intercalare Quertheilungen, welche vorzugsweise (vielleicht ausschliesslich) in den oberen Zellen stattfinden (Fig. 2 i, i) der Vorkeim mehrzellig wird, halbirt sich die Mutterzelle des Embryo durch eine genau mediane Längswand (v—v). Der ersten medianen Längswand folgt in jeder der beiden Kugelhälften (deren untere abgestumpft ist) eine zweite auf ihr senkrechte Längswand (v'—v')[2])".

Die erwähnte Zeichnung ist mit einer Deutlichkeit ausgeführt, die nichts zu wünschen übrig lässt.

Diese Beobachtungen Kny's kann ich für den Keimling von Orobanche Hederae nur bestätigen. Auf die nach dem Vorkeim liegende Anschlusszelle erstrecken sich die genannten Kreuztheilungen noch nicht. Diese ist, wie man sich durch Rollen unter dem Deckglas überzeugen kann, noch ohne jede innere Theilung. Dagegen hat sie sich in die Quadranten der Embryonalkugel hinein gewölbt. Die an die letztere angrenzende Wand besitzt eine convexe Gestalt.

Bald darauf, meist ehe noch in der Embryonalkugel irgend welche weitere Theilungsvorgänge stattgefunden haben, theilt sich die Anschlusszelle ebenfalls aber nicht in der Richtung des Längendurchmessers sondern quer. Sie spaltet eine kleine Zelle nach der Richtung des Vorkeims hin ab. (Fig. 5, Taf. VIII.).

Während dem hat sich die Embronalkugel fortwährend vergrössert. Es folgt alsdann innerhalb der vorhandenen Quadranten die dem dicotylen Typus entsprechende äquatoriale Theilung oder besser gesagt Theilungen, denn von einer einzigen Wand kann weniger die Rede sein als von 4 Querwänden, die leidlich an einander anschliessend wohl die Embryonalkugel halbiren, unter Umständen aber auch etwas verschieden hohe Ansatzstellen an den betreffenden me-

---

[1]) Pag. 20 des Textes; Taf. X.

[2]) Inzwischen ist in der Flora (Monat November 1876) eine Arbeit von Max Westermeier erschienen, welche die erstere Zelltheilung im Embryo von Capsella bursa pastoris M. behandelt. Die Haupt-Resultate genannter Arbeit — ein Resumé befindet sich in der botan. Zeitung 1876 Nr. 52 — stimmen im wesentlichen mit denjenigen überein, die Kny über Brassica Napus L. veröffentlicht hat.

ridianen Wände besitzen können. Auch ist es nicht nöthig, dass dieselben absolut gleichzeitig entstehen. Sie können das nacheinander thun, und es sind Fälle möglich, wo die eine oder die andere der Querwände der einzelnen Quadranten erst einige Zeit nach Anlage der zwei oder drei anderen Wände sich bildet.

Meist während der Octantentheilung der Embryonalkugel, unter Umständen auch nach Vollendung derselben, theilt sich auch die Anschlusszelle des Vorkeims. Es werden nun, und zwar im Anschluss an die meridianen Wände der Embryonalkugel, in ihr ähnliche Wände angelegt. Es ist oben gesagt worden, dass die Anschlusszelle sich bereits quer getheilt hat. Die meridianen Kreuztheilungen durchsetzen diese Wand oder, besser gesagt, sie finden in den durch jene Theilung entstandenen beiden Zellen statt.

Neben Längsansichten des Keimlings leisten auch hier die Scheitelansichten zum Studium dieser Verhältnisse gute Dienste. Aus Zeichnung 16, Taf. IX welche die Radicularansicht des allerdings ausgewachsenen Keimlings darstellt, lässt sich bei k die Kreuztheilung der Hypophyse noch ersehen.

Die Kreuztheilungen der Anschlusszelle sind, wie ich mich überzeugt habe, eines jüngeren Datums, als die ähnlichen der Embryonalkugel. Sie haben, wie man aus älteren Entwicklungsstadien etwa schliessen könnte, keinen Zusammenhang mit ihnen. Wie man jetzt schon sehen kann, spielt die untere Zelle die Rolle der Hypophyse, die über ihr liegende Zelle wird zum eigentlichen Keimling. Während letztere fortwährend wächst und sich räumlich vergrössert, hat die Anschlusszelle ihr Wachsthum grösstentheils abgeschlossen. Sie hat nur noch den Zweck, dem jungen Keimling den organischen Abschluss nach dem Vorkeim hin zu geben. Auf welche Weise sie das zu Stande bringt, ob sie ganz oder nur theilweise in die embryonale Bildung übergeht, werden wir im weiteren Verlauf festzustellen haben.

Die nächsten Theilungen in der Embryonalkugel sind peripherische, es werden parallel der Peripherie Mantelstücke abgeschnitten. Zunächst geschieht das in dem unteren radicularen Stockwerk des Keimlings, in der oberen treten die entsprechenden Theilungen erst später und nicht so rein wie da auf. Mit diesen Theilungen ist die primordiale Epidermis angelegt.

Die Dermatogenabspaltung des oberen Stockwerkes zeigt häufig

Unregelmässigkeiten. Meistens treten schon früh Theilungen auf, die mit ihr wenig zu schaffen haben. Es kommt vor, dass als jüngste Theilung eine solche von der meridianen Wand, mehr oder weniger nahe von ihrer Mitte, ausgehend sich zu der peripheren hinzieht. (Fig. 8 Taf. VIII. k. l.). Ferner, dass solche der äquatorialen Wand, nahe deren Kreuzungsstelle mit der meridanen, entspringt und nach der Aussenfläche läuft. Endlich, dass zwar eine Dermatogentheilung eintritt, diese aber sehr central entsteht und ein verhältnissmässig zu grosses Mantelstück abtheilt. In dem letzten Fall (Fig. 8 Taf. VIII) stimmen die Dermatogentheilungen des oberen mit denen des unteren Stockwerkes nicht überein. Die weiteren radialen Theilungen der Epidermis entsprechen aber da immer denen der unteren Keimlings-Hälfte. Eine zweite Parallel-Wand zwischen der ersten Wand und der Aussenfläche entsteht meines Wissens nie. Spätere Wachsthumsstadien zeigen, dass die im Anfang auffallend scharf auftretenden Unterschiede durch ungleiches Wachsthum oder Verschiebungen wieder mehr verwischt werden.

In den beiden ersten Fällen haben die neu entstandenen Wände mit der Dermatogentheilung direct nichts zu thun. Diese tritt später ganz normal auf und kreuzt jene (Fig. 9 und 10 bei z Taf. IX). Es ist in Folge dessen bereits eine radiale Theilung der Epidermis und des abgeschnürten Binnenraumes vorhanden.

Die neu angelegte Epidermis wächst nur durch radiale Theilungen. Selbst an der durch die Hypophyse später abgegebenen Wurzelspitze fehlen die den Theilungen der Wurzelhaube entsprechenden tangentialen Wände.

Die Frage an welcher Stelle zuerst die radialen Wände des Dermatogens entstehen, lässt sich in sofern nicht bestimmt beantworten, als diese hinsichtlich der Zeit und des Ortes ihres Auftretens ziemlich grosse Freiheit geniessen. Häufig bemerkte ich sie in der unteren Hälfte, in anderen Fällen wieder in der oberen Hälfte des Keimlings zuerst. Natürlich sehe ich hier von den Radial-Theilungen ab, die durch die obengenannten Unregelmässigkeiten in den obern Keimlingshälften hervorgerufen wurden.

Ein weiterer Fortschritt in der Ausbildung des Embryo besteht in der Anlage neuer Zellwände in dem Binnenraum des Keimlings. Seither wurde nur für die primordiale Epidermis gesorgt, jetzt

beginnt sich das Füllgewebe auszubilden. Auch hier geht gewöhnlich die radiculare Hälfte des Embryo voran. In ihr entstehen regelmässig Wände, die, von der meridianen Theilung ausgehend, etwas nach dem Vorkeim hin geneigt, in die innere epidermidale Wand auslaufen. (Fig. 9 u. 10 Taf. IX).

Nicht immer sind diese Wände auf der linken gegenüber der rechten Seite des radicularen Stockwerkes des Keimlings in gleicher Anzahl vorhanden. Sie entstehen besonders dann in ungleicher Zahl wenn die äquatorialen Wände verschieden, und zwar auffällig verschieden hoch an den meridianen inserirt worden sind (Fig. 11. Taf. IX). Die grössere Anzahl der Binnenwände liegt in der räumlich grösseren Hälfte.

Im Allgemeinen macht, gegenüber dem des oberen, der Bau des unteren Stockwerkes des Keimlings den Eindruck grösserer Regelmässigkeit. Die Binnentheilungen treten in der oberen Keimlingshälfte meist später auf. Sie lassen, da sie keine regelmässige Theilungsrichtung einhalten, ein mehr unregelmässiges Füllgewebe entstehen. Dazu kommt noch, dass auch hier die beiden Hälften oft unsymmetrisch ausgebildet werden. Zum Theil ist das schon durch die stellenweise verschieden hoch inserirten äquatorialen Wände der einzelnen Octanten bedingt. Aber auch dann, wenn diese Wände die meridianen Theilungen gerade durchschneiden, zeigt sich wenig Neigung zur Symmetrie. In der einen Hälfte ist meist die doppelte Zellenzahl vorhanden wie in der anderen. Die vor der Dermatogenabspaltung entstandenen unregelmässigen, nichts zu seiner directen Bildung beitragenden, Wände — wie oben erwähnt wurde können diese von der meridianen Wand aufsteigend nach der Peripherie der Keimkugel oder von einer äquatorialen mehr parallel einer Längstheilung verlaufen. (Fig. 8. Taf. VIII. kl.) — liegen immer in der räumlich grössern Hälfte des obern Keimstockwerkes.

Zuweilen zeigt sich auch, und der Fall ist in unseren Zeichnungen nicht dargestellt, dass die sich bedeutender entwickelnde Hälfte nach aussen etwas aufschwillt und, die eiförmige Gestalt des Keimlings störend, eine schwache Erhöhung am Plumulaende entstehen lässt.

Ob wir hierin eine cotyledonare Anlage zu sehen haben, wird später zu erörtern sein.

Wir haben seither nur die Endzelle des Keimlings in ihrer Entwicklung verfolgt, deren Anschlusszelle dagegen ausser Acht gelassen. Befassen wir uns jetzt etwas näher mit ihr und sehen wir, wie sie den organischen Abschluss des Keimlings zu Stande bringt.

Wir fanden schon, dass unabhängig von den Theilungen der Endzelle des Vorkeims sich die Anschlusszelle kreuzweise theilt. (Fig. 6 u. 7 Taf. VIII). Die Querwand der letzteren kommt sehr nahe dem Vorkeim zu liegen und schnürt demgemäss, nach diesem hin nur sehr kleine Zellen ab (Fig. 10, Taf. IX o.). Einen Anschluss an die äussere epidermidale Wand der Embryonalkugel besitzt die Querwand der Hypophyse in ihren früheren Stadien noch nicht. Später, und zwar sehr allmälig, wird ein solcher durch ungleiches Wachsthum und Zerrungen der angrenzenden Wände hergestellt. In Fig. 10 Taf. IX ist er beispielsweise bereits völlig erzielt.

Diese sich später anschliessende Wand geht noch in den Keimling über. Die von ihr nach dem Keimschlauche hin abgetheilten Zellen (Fig 10 u. 11 Taf. IX o.) sterben mit diesem später ab. Bei dem ausgebildeten Embryo findet man sie manchmal noch als zusammengedrückte, leicht abreissbare Membranen vor.

Der Abschluss des Dermatogens, nach dem centralen Theile des Keimlings hin geschieht in Entwicklungsstadien, wie sie in Fig. 9 Taf. IX gegeben sind. Die hier neu angelegte Wand m. n. theilt dem centralen Gewebekörper von der Fläche gesehen zwei, räumlich vier Zellen zu, welche den Peribleminitialen des radicularen Vegetationspunktes entsprechen würden. (Fig. 10 und 11 Taf. IX p. p_1).

Diejenigen Tochterzellen der Hypophyse, welche den Dermatogenabschluss zu Stande brachten (Fig. 10 u. 11 Taf. IX. q u. q_1.), beendigen ihre embryonalen Theilungen damit, dass sie noch einige radiale Wände einschieben. Entweder geschieht das symmetrisch, und dann entsteht auf jeder Seite eine neue Zelle, (Fig. 12, Taf. IX bei b.) oder unsymmetrisch, dann kommt solche nur auf die eine Seite zu liegen. (Fig. 13. Taf. IX bei b.) Tangentiale Theilungen, die wenn auch nur auf die erste Anlage einer Wurzelhaube schliessen liessen, kommen hier nicht vor.

Nicht uninteressant ist es einen Blick von oben auf die Radicula des ausgebildeten Orobanchenkeimlings zu werfen. Stellt man auf die Wurzelspitze ein, so sieht man, dass nach dieser hin sämmtliche

Epidermiszellen zulaufen. Oben angelangt wölben sie sich gegen eine kleine Kuppe, die, wie man besonders auf dem optischen Längsschnitt sieht, zarte Aussenwandungen besitzt. Entstanden dürfte dieses dadurch sein, dass an jener Stelle (Fig. 16 Taf. IX. k.) die dem Absterben anheimgefallenen vier Zellen des Vorkeims angesessen haben. (Fig. 10 u. 11. Taf. IX. o.)

Dies wäre die Rolle, welche die Anschlusszelle bei dem Aufbau des Keimlings spielt. In den Zeichnungen 11, 12 u. 13 wurde sie sowohl wie ihre Derivate, der besseren Uebersicht halber, schraffirt gehalten.

Der Gesammtentwicklung des Keimlings ist nur noch wenig nachzutragen.

Bis zur Beendigung seines Wachsthums treten noch radiale Theilungen in der Epidermis auf, die Aussenwände der Zellen derselben wölben und verdicken sich etwas, endlich finden sich in manchen Fällen noch neue, und zwar Längswände in dem Binnenraum des radicularen Keimstockwerkes ein. Das letztere geschieht indessen nicht sehr häufig, wo es aber geschieht, zeigen sich die neuen Theilungen nur auf einer Seite, so, dass man in der einen Hälfte des unteren Stockwerkes zwei dem Füllgewebe angehörige Zellreihen, in dem andern deren nur eine vorfindet (Fig. 13. Taf. IX). Auf der Seite der meisten Zellreihen ist dann auch häufig die erwähnte unsymmetrisch Abschnürung von Epidermiszellen in der Hypophyse zu finden.

Zu bemerken wäre endlich noch, dass eine solche Unsymmetrie des unteren Keimstockwerks mit der des oberen häufig in der Art correspondirt, dass nicht die über ihr liegende, sondern die ihr gegenübergestellte Hälfte des oberen Stockwerkes die bedeutendere Ausbildung erfährt (Fig. 13. Taf. IX).

Der Vollständigkeit halber gebe ich noch in den Fig. 14 u. 15 Taf. IX. die Abbildung des optischen Querschnittes der unteren sowohl wie der oberen Keimhälfte. Aus ihnen gehen die ursprünglichen Kreuztheilungen, sowie das Verhältniss des Füllgewebes zur Epidermis deutlich hervor.

Erwähnen muss ich noch, dass der besseren Uebersicht halber in sämmtlichen Zeichnungen die zuerst entstandenen Wände, gegenüber der später gebildeten, stärker gehalten wurden. In der Wirklichkeit tritt das natürlich nicht so scharf hervor. Besonders sind es

die Endstadien der Keimentwicklung, bei denen diese Verhältnisse mehr und mehr verwischt werden.

Wie wir gesehen, schliesst sich die Embryoentwicklung der Orobauchen dem dicotylen Typus ziemlich genau an. Der Keimling entsteht seiner Hauptmasse nach aus der Endzelle des Vorkeims, hier finden die bekannten Kreuztheilungen statt, das Dermatogen wird — wenn wir von den kleinen Unregelmässigkeiten in der cotylischen Hälfte absehen — normal gebildet.

Eine tiefere Verschiedenheit tritt bei der Anlage des Füllgewebes in der radicularen Hälfte zu Tage.

Wie Hanstein an Capsella, Oenothera und anderer Dicotylen zeigte, sind hier die ersten Binnentheilungen, solche die parallel der Längsaxe des Keimlings gehen (Spalttheilungen Hansteins). Diese Spalttheilungen convergiren gegen die Hypophyse hin und bilden, nachdem nach ihnen noch Quertheilungen aufgetreten, sowohl ein peripheres wie ein centrales Reihengewebe. Aus letzterem entsteht das Plerom, aus ersterem das Periblem des radicularen Vegetationspunktes.

Etwas abweichend sind hierüber die Resultate, welche Kny gelegentlich der Beobachtung der Embryoentwicklung von Brassica Napus L. erhielt. Kny sagt über die Differenzirung von Plerom und Periblem in dem Brassicakeimling folgendes:[1])

„Die Vermehrung der 8 Innenzellen, welche in zwei Stockwerken übereinander liegen, erfolgt zunächst durch eine Längswand. Bei Brassica Napus fand ich dieselbe nicht, wie Hanstein für Capsella Bursa pastoris angiebt, tangential gerichtet, sondern einer ihrer Längswände nahezu parallel; sie trennt so eine im Querschnitt dreiseitige von einer im Querschnitt vierseitigen Zelle ab. Letztere zerfällt dann durch eine zur vorigen senkrechten Längswand in eine innere und eine äussere Zelle. Das vom Dermatogen umschlossene Binnengewebe besteht nun in jedem Stockwerk aus 4 kreuzweise angeordneten innersten und 8 um sie gruppirten mittleren Zellen. Die 4 Innenzellen des unteren Stockwerkes werden zum Procambiumcylinder oder Plerom, die 8 mittleren Zellen zur Rinde oder Periblem der Wurzel (Fig. 5 u. 6 Taf. 10)."

Es sind somit nach Kny keine eigentlichen Schältheilungen — ähnlich denen der Epidermis — vorhanden. Die Differenzirung von

---

[1]) Kny, a. a. O. pag. 21.

Periblem und Plerom erfolgt in einem Octanten nicht durch eine sondern durch zwei Wände.[1])

Bei dem Orobanchen-Keimling verhält sich die Sache insofern anders, als von Spalttheilung im Binnenraum des radicularen Stockwerkes überhaupt nichts zu sehen ist. Hier entstehen sofort Querwände. Die Fundamentaldifferenzirung in eine Periblem- und Plerom-gruppe fällt somit fort. Nur ein einheitliches Füllgewebe zeigt sich hier angelegt.

Ob die manchmal auftretenden, unsymmetrischen Längstheilungen der unteren Keimlingshälfte (Fig. 13. Taf. IX), von denen oben gesprochen wurde, als Versuch einer solchen Gewebedifferenzirung angesehen werden dürfen, ist sehr fraglich. Ich möchte mich nicht in diesem Sinne aussprechen, denn es darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass diese Wände jüngeren Datums wie die vorhandenen Querwände sind. Somit dienen sie blos zur Verdoppelung des ursprünglich einfach angelegten Füllgewebes.

In dem kotylischen Keimtheil lassen sich wesentliche Differenzen gegenüber dem dikotylen Entwicklungstypus kaum nachweisen. Die Binnentheilungen sind hier meist etwas willkührlich. Erst in späteren Stadien ordnen sich aus der mehr regellosen Masse die periblematischen Vegetationscurven. Bei dem Orobanchenkeimling, der auf einer so frühen Entwicklungsstufe verharrt, liess sich schon von vornherein keine Sonderung der Binnenzellen in ein ausgesprochenes Gewebe erwarten. Wenn man auch mit einiger Phantasie einzelne Wände als parallel laufend mit Längs- oder Querwänden der jeweiligen Octanten bezeichnen könnte, so treten doch soviel Abweichungen auf, dass man besser thut, jeden derartigen Vergleich fallen zu lassen. (Man vergl. die Fig. 12 und 13 Taf. IX.)

Sehr normal verhält sich endlich die Hypophyse. Ihre Thätigkeit tritt nur, im Vergleich zu andern dicotylen Embryonen etwas früh auf. Das centrale Gewebe erhält von ihr — obgleich hierfür kein besonderes Bedürfniss vorläge, da hierdurch weder ein Abschluss des Pleroms noch eine Vereinigung der Curven des Periblems erzielt werden kann — seine Anfangszellen.

---

[1]) Man vergleiche hiermit den Punkt 4. der oben genannten Arbeit von Max Westermeier (botanische Zeitung 1876. Nr. 52.).

Das Characteristische der Keimentwicklung der Orobanchen liegt eben in dem frühzeitigen Abschluss der embryonalen Ausbildung. Die biologischen Anforderungen, welche während der Keimungszeit an den Embryo gestellt werden, sind wesenlich andere wie diejenigen des grössten Theils der dicotylen Gewächse. Der embryonale Bau des Keimlings hat sich im Laufe der Zeit diesen Anforderungen angepasst. Bei den Orobanchen läuft Alles darauf hinaus, ein Axengebilde zu construiren, das, um eine zusagende Nährwurzel zu finden, zu einem längeren Wachsthum befähigt sein muss. Vor Erlangung einer solchen ist eine irgendwie complicirte Gewebebildung kein physiologisches Bedürfniss, erst wenn die Nährpflanze erreicht, und die Existenz des jungen Individuums gesichert ist, tritt ein solches ein, es entwickelt sich aus dem nur wenige Zellreihen starken Keimling ein recht ansehnlicher Gewebekörper.

Dass für einen so einfachen Bau wie den des Orobanchenkeimlings dieselben Grundtheilungen verwandt werden, die für den hoch ausgebildeten dicotylen Embryo Anwendung finden — und das ist den Hauptzügen nach, wie wir oben sahen, der Fall — spricht für die Gesetzmässigkeit dieser Theilungsvorgänge innerhalb einer so grossen Pflanzengruppe. Es ist neuer Beweis für diese.

Auch für die Embryonen der übrigen phanerogamen Schmarotzerpflanzen dürfte ein ähnliches Verhältniss zu constatiren sein. Die Mittheilungen, die Solms-Laubach[1]) über den Samenbau der Rafflesiaceen und Hydnoraceen giebt, lassen die Deutung zu, dass auch hier die Embryonen nur auf einer frühen Entwicklungsstufe stehen geblieben sind. Nur würden sich hier die Keimlinge mehr dem monocotylen Typus anschliessen, denn sie bauen sich nach Solms-Laubach nicht vorzugsweise aus einer sondern aus mehreren Zellen des Vorkeims auf. Sie verharren endlich auf einer noch früheren Entwicklungsstufe, denn die Dermatogentheilungen treten bei ihnen nicht mehr auf. Aufgefallen ist mir indessen der Keimling von Rafflesia Arnoldi. Die von ihm gegebene Abbildung[2]), in welcher der Keimling von einer Endospermlage umgeben ist, stimmt, wenn wir diese einzellige Endospermlage zu dem Embryo rechnen und als Dermatogen

[1]) Botanische Zeitung pag. 337. 1874.
[2]) Botanische Zeitung 1874. Taf. 8. Fig. 4 u. 5.

auffassen, so ziemlich mit der eines Orobanchen-Embryo überein. Eine solche Deutung würde den fraglichen Zeichnungen nach — der Samen von Rafflesia stand mir leider zur Untersuchung nicht zur Verfügung — nicht allzugewagt erscheinen, denn der Anschluss dieser einen Endospermlage an den Keimling ist ein äusserst inniger. Intercellularräume sind zwischen den betreffenden Zellenwänden nicht vorhanden.

Solms-Laubach giebt die Deutung der fraglichen Verhältnisse weniger auf Grund der Präparate, welche in den erwähnten Zeichnungen abgebildet sind, er zieht seine Schlüsse mehr aus Analogieen mit andern Species. Er sagt hierüber folgendes:[1])

„Es darf übrigens bezüglich der im bisherigen gegebenen Deutung der einzelnen Theile des Samens (Rafflesia Arnoldi) nicht verschwiegen werden, dass deren sichere Begründung nur durch die Untersuchung anderer Formen gewonnen werden konnte. Denn bei der festen Verbindung aller Zellen, bei ihrer überall gleichen Grösse und Inhaltsbeschaffenheit, hätte man a priori ebensogut den ganzen Sameninhalt als einen eiweisslosen Embryo mit frühzeitiger und sehr scharfer Dermatogenabsonderung ansehen können."

Ob die letztere Ansicht nicht vielleicht dennoch die richtigere, darüber dürfte die Entwicklungsgeschichte allein Auskunft geben.

Die Cuscuten[2]), deren Embryonen übrigens relativ weit entwickelt sind, zeigen ebenfalls Annäherung an den monocotylen Entwicklungstypus. Ihr Keimling baut sich aus mehreren Zellstockwerken auf, es wird ein lappiger Gewebekörper aus der Endzelle des Vorkeims, ähnlich wie bei den Gramineen u. a. gebildet, der hier allerdings nicht der Hypophyse entspricht, indem er den Abschluss des Keimlings an dem Radicularende nicht vollzieht, immerhin aber an diese erinnert.

Neben der entwicklungsgeschichtlichen Verfolgung der Keimentwicklung von Orobanche Hederae hatte ich noch Gelegenheit die reifen Samen anderer Species auf die fertigen Verhältnisse zu prüfen.

Verwendet wurden die Arten:

Orobanche flava. Mart.; O. Rapum. Thuill.;

---

1) a. a. O. pag. 353.

2) Vergl. meine Untersuchungen über die Entwicklung der Cuscuteen; bot. Abhandlungen von Hanstein, Band II, Heft 3, pag. 44—49.

O. cernua. Löffl.; O. Salviae, F. W. Schulz.;
O. Scabiosae. Koch.; O. rubens. Wallr.;
O. lucorum A. Braun.; O. Teucrii. F. W. Schulz.;
O. pruinosa. Lap.; O. procera. Koch.;
O. Ulicis. Desm.; O. cruenta Bert.

Phelipaea coerulea. C. A. Meyer.;
Ph. ramosa. C. A. Meyer.; Ph. lavandulacea F. W. Schulz.;
Ph. aegyptiaca. Walp.; Ph. Mutelii. Reut.

Boschniakia glabra. C. A. Meyer.;
(Orob. rossica. Schlechtend.; Orob. glabra Hook.)
Epiphegus virginianus. Bart.

Ich versuchte zuerst durch Schneiden der eingeschmolzenen Samenkörner geeignete Präparate zu erlangen. Nachdem ich mich aber von der geringen Brauchbarkeit derselben überzeugt — ein Schneiden in bestimmter Richtung war wegen der Kleinheit des Samens nicht wohl möglich, die Embryonen gaben durch die in allen möglichen Richtungen erfolgten tangentialen und radialen Schnitte ein sehr verzerrtes und schwer zu enträthselndes Bild ab — saete ich auf Fliesspapier aus. Nach einigen Tagen war das Endosperm aufgeweicht und die Embryonen ausdrückbar.

Für sämmtliche dieser Arten ergab sich nun die Uebereinstimmung der Keimlinge mit denen von Orobanche Hederae. Ich kann ihre ausführliche Beschreibung somit unterlassen. Als allenfalls bemerkenswerth wäre vielleicht zu erwähnen, dass die Ausbildung der Keimlinge bei den verschiedenen Arten insofern etwas variirte, als diese auf einer etwas höheren oder niederen Entwicklungsstufe stehen geblieben waren. Die Ausbildung schwankte zwischen den in den Figuren 10—13, Tafel IX. gegebenen Stadien. Characteristisch für besondere Arten war diess nicht immer, es konnten sich bei einer und derselben Species derartige Verschiedenheiten vorfinden.

Die bedeutendste Ausbildung schien mir bei Boschniakia glabra vorhanden zu sein. Da zeigten sich auch die Embryonen unter einander wenig verschieden, sie waren ziemlich gleichmässig entwickelt und standen etwa auf einer Stufe wie sie die Figuren 12—13 Taf. IX. an Orob. Hederae ausdrücken.

Die geringste Entwicklung zeigte Epiphegus. Hier gelang es das ganze ausgedrückte Endosperm durch Kali so durchsichtig zu machen, dass der Keimling deutlich sichtbar war. Es wurde somit leicht möglich eine grössere Zahl Embryonen zu übersehen; sie waren etwa ausgebildet wie diejenigen von O. Hederae in den Fig. 10 und 11. Bei ihnen kamen auch kleine Formverschiedenheiten vor, ihre eiförmige Gestalt spielte häufig ins keulenförmige über. Immer stimmte ihre Ausbildung mit derjenigen von O. Hederae überein, ja es konnten hier, so lange die Präparate in Kali lagen, die zuerst entstandenen Wände deutlich von späteren unterschieden werden. Besonders deutlich trat die Hypophyse mit ihren Tochterzellen in dem Keimling hervor.

Gelegentlich des Citirens der Literatur fanden bereits diejenigen Arbeiten Besprechung, welche sich mit dem Orobanchen-Keimling befassen. Auf die Mittheilungen von Gärtner, Meyer, Endlicher und Treviranus, die wesentlich auf Beschreibung der äusseren Form und der Lage des Embryo hinauslaufen, möchte ich hier nicht mehr eingehen, ich verweise auf das oben gesagte. Dagegen bliebe uns hier noch übrig der Schacht'schen und Caspary-schen Arbeiten zu gedenken.

Schacht[1]), der, wie bereits erwähnt wurde, die erste ausführliche Abbildung des Orobanchenkeimlings gab, sagt von ihm:

„er bildet keine Samenlappen, sondern verbleibt als kleines, rundes, aus zarten Zellen bestehendes Körperchen von einem ölartigen Sameneiweiss umgeben."

Mehr als aus dieser Beschreibung geht aus der Zeichnung selbst hervor. Der Keimling besteht hiernach aus einem Gewebekörper, der eine gleichmässig grosszellige Epidermis besitzt, dessen Binnengewebe eine Längstheilung enthält, die durch mehrere völlig parallel laufende Quertheilungen gekreuzt wird. Die Andeutung jeder fundamentalen Theilung fehlt, die untere wie die obere Hälfte des Embryo ist nach Schacht völlig gleich gebaut.

Caspary[2]) tritt, und zwar theilweise mit Recht gegen diese parallelen Querwände des Binnenraumes und die dadurch bedingte

1) Schacht, Beiträge zur Anatomie und Physiologie, pag. 169. Fig. 4.
2) a. a. O. pag. 580.

tafelförmige Zellenform auf. Nach ihm sind diese Zellen nicht so horizontal gestreckt sondern besitzen nach allen Richtungen hin so ziemlich gleichen Durchmesser.

Für die cotylische Keimlingshälfte hat Caspary völlig Recht, die radiculare schliesst sich dagegen mehr der durch die Schacht'sche Zeichnung gegebenen Ansicht an. Hier kommen, wie beispielsweise aus Fig. 12. Taf. IX. zu sehen ist, allerdings tafelförmige Binnenzellen vor.

Der Unterschied der betreffenden Zeichnungen Caspary's, gegenüber derjenigen Schacht's, liegt allein in der Form der Binnenzellen, die bei beiden Forschern den angeführten Ansichten gemäss gezeichnet sind. Die Andeutung fundamentaler Theilungen fehlt bei Caspary ebenfalls.

Hinsichtlich der Frage über die Cotyledonen bemerkt Caspary folgendes:[1])

„Die Zellen der Oberfläche (des Keimlings) sind auf dem Chalazaende entweder glatt oder gewölbt. Da nun zwei am Ende liegen, so hat sich Gärtner wohl verleiten lassen diese für Cotyledonen anzusehen, aber sie sind fern davon diese zu sein, denn die beiden Schüppchen, welche den Cotyledonen entsprechen, treten erst auf nachdem die junge Pflanze sich bereits auf einer Wurzel der Nährpflanze angeheftet, sich ganz ausserordentlich verdickt, Gefässe gebildet und nach allen Seiten Adventivwurzeln getrieben hat."

Ich habe bereits erwähnt, dass in manchen Fällen unsymmetrische Anschwellungen am Plumulaende des Keimlings auftreten. Es scheinen das dieselben zu sein, die Caspary fand. Nach meinen Beobachtungen entstehen sie nur unsymmetrisch und werden nicht durch die zwei Endzellen auf der Plumula — die ja auf beiden Hälften des oberen Keimstockwerkes liegen — sondern durch die ungleich bedeutendere Ausbildung des einen Quadranten hervorgerufen. Sie würden, wollte man sie für cotyledonare Anlagen halten, nicht zwei Cotyledonen sondern nur einem einzigen entsprechen.

Diese Erhöhungen sind aber immer sehr unbedeutend und verschwinden während der Keimungsperiode dadurch, dass die zurückgebliebene Hälfte des Stockwerks das Versäumte durch spätere Theilungen

---

[3]) a. a. O. pag. 580.

nachholt. Ich habe die Keimung nicht soweit verfolgen können, wie Caspary dies that, hatte aber immerhin schon Keimlinge, deren Radicularende schon zu einem ansehnlich langen Axengebilde ausgewachsen war. Drückte man bei solchen die noch in der Testa verborgene Plumula vorsichtig heraus, so sass diese als leicht angeschwollener Kopf auf dem fadenförmigen Keimling. An ihrem Vegetationspunkt hatte sich das Dermatogen lebhaft radial getheilt, das Füllgewebe war auf beiden Seiten gleichmässig ausgebildet, von einer Anschwellung war nichts mehr zu sehen.

In Fig. 17. Taf. X. ist die Abbildung eines derartigen Präparates gegeben, aus der die angeführten Verhältnisse klar ersichtlich sind.

Ich möchte daher diese embryonalen Anschwellungen mit Caspary für Zufälligkeiten und nicht für cotyledonare Anlagen halten.

Ob die oben erwähnte Streitfrage hinsichtlich der Cotyledonen durch diese Anschwellungen hervorgerufen, und, wie Caspary glaubt, Gärtner solche schon gesehen, möchte ich bezweifeln. Die Zeichnung, die letzterer giebt, macht nicht den Eindruck, als ob Gärtner überhaupt mit einer einigermassen bedeutenden Vergrösserung gearbeitet hätte. Ohne solche sind sie bei ihrer Unbedeutendheit kaum zu bemerken. Bei Gärtner ist der nur in seinem Umriss gegebene Keimling [1]) eiförmig und, etwa in der Mitte, etwas eingeschnürt. Wahrscheinlich soll diese Stelle als Ansatzstelle der fraglichen Cotyledonen zu betrachten sein. Etwas genaues kann überhaupt an der kleinen Zeichnung nicht unterschieden werden. Die kleine, nur an der einen Seite befindliche Einschnürung des Keimlings scheint mir eher eine Verletzung desselben zu sein, die während der Isolirung erfolgte. Meyer [2]) fügt seinen Mittheilungen keine Zeichnung bei. Somit ist nicht ersichtlich, was er für die Cotyledonen gehalten hat.

Die Angaben Caspary's über die Zellenzahl des Längen- und Breitedurchmessers des Keimlings, ferner über das Fehlen von Cambium, Gefässen und selbst der Wurzelhaube kann ich, wie aus meiner obigen Schilderung dieser Verhältnisse hervorgeht, bestätigen.

Besonders interessant erschien das Fehlen der Wurzelhaube.

[1]) Gaertner, a. a. O. pag. 43 u. 44. Taf. 185. Fig. 5.

[2]) Meyer, a. a. O. pag. 451.

Um mich zu überzeugen, ob eine solche nicht etwa später, ausserhalb des Samens, gelegentlich der Keimung auftritt, untersuchte ich eine Anzahl Keimlinge auf diese Verhältnisse. Es zeigte sich hierbei, dass auch in ferneren Entwickelungsstadien keine Theilungen auftreten, die als der Wurzelhaube angehörig aufgefasst werden können. Das fernere Wachsthum des radicularen Endes des Orobanchen-Keimlings ist von grosser Einfachheit, es besteht lediglich darin, dass die in dem radicularen Theil der Embyonalkugel liegenden Binnenzellen durch Quer- und Längstheilungen die Epidermis dehnen und zur Anlage von radialen Wänden veranlassen.

In den Figuren 18 und 19 Taf. X sind die Vegetationspunkte der Wurzel in einem jüngeren und älteren Stadium der Keimung gezeichnet. Beide differiren fast nur durch die veränderten Grössenverhältnisse der Zellen von einander. In Fig. 19, dem jüngeren Entwicklungszustand, zeigt sich, dass, wie bei der Ausbildung des Embryo, so auch während der Keimung eine Differenzirung des Füllgewebes in Periblem und Plerom nicht eintritt. Das Füllgewebe bleibt einfach und besitzt in der Fläche zwei, körperlich vier Initialen (Fig. 18 und 19 a. und b.) bei denen ich nur Quertheilungen beobachten konnte. Die abgeschnürten Segmentzellen verdoppeln alsdann ihre Reihen durch Einschieben von Wänden parallel der Axe des fadenförmigen Wurzelorgans.

Die Abbildung welche Caspary[1]) über die Wurzelspitze des jungen Keimlings von Phelipaea ramosa giebt, entspricht den hier angedeuteten Verhältnissen nicht völlig. Sie entstand zu einer Zeit, in der man über die meristematische Gewebesonderung der Vegetationspunkte der Phanerogamen noch wenig wusste. Wie bei den Embryonen, so sind auch hier diese Dinge ausser Acht gelassen. Die Epidermis besitzt an dem Scheitel der Wurzel nicht diejenige Abgränzung gegen die centralen Partieen, die in Wirklichkeit vorhanden ist. Das Füllgewebe endlich zeigt nur unregelmässige Anordnung aus der auf die characteristischen, hier sehr einfachen, Theilungsvorgänge nichts geschlossen werden kann.

Dagegen führt Caspary[2]) ganz richtig an:

---

[1]) a. a. O. Taf. II. Fig. 17.

[2]) a. a. O. pag. 582.

„es wächst (das Radicularende des Keimlings) wie ein Stamm, hat keine Wurzelhaube, und seine Zellen sind kleiner als die des übrigen fadenförmigen Keimlings."

Wir haben seither nun die Entwicklung des Orobanchen-Keimlings verfolgt, diejenigen Vorgänge dagegen nicht berücksichtigt, welche nebenher in dem Ovulum stattfanden. Um das Versäumte nachzuholen, müssen wir somit wieder bis zu der Zeit zurückgehen, in der die befruchtete innere Keimlingszelle des Embryosacks zum Keimschlauch auszuwachsen begann.

Wir sahen, dass in einem solchen Entwicklungszustand die Anlage des Endosperms bereits erfolgt war, dass schon mehrere Querwände den Embryosack in verschiedene Stockwerke getheilt hatten. Diese Theilungen entstanden, soweit ich das beobachten konnte, in der Art, dass zuerst etwa in der Mitte des Embryosackes die erste Querwand erschien. Ihr folgten sehr bald in beiden Tochterzellen zwei neue Querwände. Die der Mikropyle zugekehrte Anfangszelle des Endosperms erweist sich meist als die räumlich grössere, in ihr entstand aus der Keimzelle der schlauchförmige Vorkeim.

Während des Entstehens des letzteren fällt die zweite Keimzelle zusammen und beginnt resorbirt zu werden. Dasselbe Schicksal scheinen die Antipoden zu erleiden, wenigstens waren diese an Präparaten späterer Entwicklungszustände nicht mehr zu sehen.

In sämmtlichen Stockwerken des Embryosackes entstehen nun auch Längswände. Diese schneiden die vorhandenen Querwände meist nicht geradezu durch, sondern münden an ganz verschiedenen Stellen in diese ein. In den Tochterzellen treten andererseits wieder Querwände auf. Das geschieht, wenn auch ziemlich schnell aufeinander, doch nicht zu gleicher Zeit. Die später enstandenen Quertheilungen unterscheiden sich meist von den früheren Querwänden, die durch den ganzen Embryosack gingen, dadurch, dass sie an den Längswänden ihrer Mutterzellen verschieden hoch inserirt sind.

Der sich entwickelnde Vorkeim wächst währenddem entweder erst einmal in der Scheitelzelle des Endosperms herum oder er geht gleich, ohne solchen Umlauf, an den bereits vorhandenen Längswänden des Sameneiweisses, bis etwa zur Mitte des Embryosackes, in dieses hinein.

In Fig. 20 Taf. X ist die Abbildung eines derartigen Entwick-

lungszustandes gegeben. Aus ihr geht zugleich hervor, dass schon hier die Endospermbildung an einer Stelle des Embryosackes am meisten begünstigt wird. Das ist etwa die Mitte desselben. Hier findet sich die grösste Theilungsintensität, nach beiden Enden des Embryosackes nimmt diese ab.

An den Endstellen hört das Wachsthum später ganz auf, sie gehen, wie wir sehen werden, gar nicht in die Bildung des Sameneiweisses ein.

Aus einem weitereren Entwicklungszustand, wie ihn Fig. 21 Taf. X. zeigt geht das Gesagte deutlicher hervor. Die Form des Endosperms, die aus dem ungleichen Wachsthumsvorgängen des Embryosackes resultirt, ist hier schon vorhanden. Sie wird hier, also zu einer Zeit, in welcher in der Embryonalkugel etwa die Kreuztheilungen angelegt werden, eine eiförmige. Unterbrochen ist diese Form dardurch, dass an beiden Enden das Wachsthum des Endosperms sistirt wurde. Das sterile, nach der Mikropyle liegende Endstück des Embryosackes (Fig. 21 Taf. X. r.) ist im Vergleich zu dem am Chalazaende befindlichen (s) das bedeutendere, es besitzt etwa die doppelte Grösse des letzteren. In Folge dessen geschieht die Ausbildung des eigentlichen, später mit Reservestoffen zu füllenden Theils des Sameneiweisses nicht genau in der Mitte des Embryosackes. Das Endosperm liegt etwas nach dem Chalazaende des letzteren hin (Fig. 21 Taf. X. t.).

Im weiteren Verlauf der Endospermbildung schrumpfen die sterilen Partieen zusammen. Quetscht man alsdann den Inhalt des Ovulums unter dem Deckglas aus, so tritt ein Zerreissen dieser Theile ein. Besonders leicht geschieht diess bei dem grösseren Endospermstück (Fig. 20 Taf. X r.) an dem Mikropyle des Embryosackes.

In Fig. 22 Taf. X habe ich ein derartiges Präparat gezeichnet. Bei r und s finden sich die zerrissenen sterilen Endospermstücke. Das Sameneiweiss hat in diesem Stadium seiner Entwickelung Aehnlichkeit mit der Form der Frucht einer Citrone. Gegen die Reife des Samens hin ist es dagegen völlig eiförmig-elliptisch. Die sterilen Endospermpartieen (Fig. 20—22 Taf. X r und s) fielen völlig zusammen, von einer Niederlage von Reservestoffen in ihnen war keine Rede. Während sie entwicklungsgeschichtlich zu dem Sameneiweiss gerechnet werden müssen, spielen sie physiologisch wie morphologisch nicht die Rolle desselben.

Bei dem reifen Samen findet sich an dem Chalazaende kaum noch etwas von jenen Bildungen. An der Mikropyle dagegen zeigt ein gelungener Längsschnitt, dass hier aus den Resten des Embryosackes ein cylindrisches Gebilde entstanden ist, dessen Membranen und besonders dessen Aussenmembranen eine dunkelrothbraune Färbung angenommen haben. Die Innenwände, also die ursprünglichen Endospermtheilungen, weisen weniger diese dunkle Farbe auf, sie sind unbedeutend verdickt und wurden, gelegentlich des Zusammenschrumpfens, an die eine oder andere Seitenwand angedrückt (Fig. 23 Taf. X. F.).

In dieser Form sieht dieses Gebilde dem Mikropylenkanal nicht unähnlich; man würde es für die Reste desselben halten, spräche nicht die Entwickelungsgeschichte gegen eine solche Ansicht.

Was die Lage des Keimlings betrifft, so ist zu bemerken, dass dieser meist senkrecht auf der Mikropyle steht. In wenigen Fällen finden wir ihn seitwärts gegen die Längswände des Embryosackes geneigt. Mit den absterbenden Partieen der letzteren kommt der Embryo nur insofern in Berührung, als er, oder besser sein Vorkeim, in den allerersten Entwicklungsstadien durch solche durchwächst. Der Vorkeim schiebt ihn später bis gegen die Mitte des Sameneiweisses.

Zwischen dem Embryo und der sterilen Endospermpartie des Mikropylentheils des Embryosackes wird noch eine Zelllage Endosperm gebildet. Diese schliesst das Sameneiweiss gegen jene Theile ab. Ihre Zellen sind sehr klein, grösser werden die anschliessenden, seitlich des Keimlings befindlichen Endospermzellen. Gegen die Plumula hin wird die Zelllage meist verdoppelt. Zwischen der hier gelegenen ursprünglichen Querwand und der Plumula (Fig. 23 Taf. X. g) des Keimlings finden sich endlich noch eine Anzahl Zellen, die sehr klein und ohne wesentliche Reihenanordnung sind. Sie erhielten diese Gestalt wohl durch das Wachsthum des Keimlings gelegentlich seines Eindringens das hier bereits angelegte Sameneiweiss.

Auffallende Zwischenräume finden sich zwischen Keimling und Endosperm nicht vor. An das letztere stösst der Keimling ziemlich direkt an. Immerhin ist er von jenem durch vorhandene kleinere Intercellularräume, sowie durch Differenzen in der Membranverdickung deutlich abgegrenzt.

Ueber die völlige Ausbildung des Sameneiweisses ist wenig

mehr zu erwähnen. Es enthält schon sehr früh reichlich Oel. Stärke scheint weniger in ihm vorzukommen.

Die Anzahl seiner Zellen differirt bei den verschiedenen Species und Gattungen. Orobanche Rapum hat beispielsweise auf der Peripherie 18—20, im Längendurchmesser 6—8, im Querdurchmesser 5—6 Zellen.

Bei Epiphegus virginianus, dessen Endosperm sich noch dadurch auszeichnet, dass es eine mehr spindelförmige Gestalt besitzt, stellt sich dieses Verhältniss etwa wie 35:40; 15:20; 8:10. Boschniakia glabra steht etwa in der Mitte und ergiebt 25:30; 10:12; 7:8.

Für die Gattung Orobanche und Phelipaea sind diese Verhältnisse übrigens so ziemlich dieselben.

Nach der Hofmeister'schen Eintheilung[1]) würden wir die Orobanchen hinsichtlich ihrer Endospermbildung derjenigen Pflanzengruppe zuzutheilen haben, die ihr Sameneiweiss durch Zell-Theilung anlegt. Sie würden sich also den Balanophoreen, Pyrolaceen, Droseraceen etc. in dieser Hinsicht anschliessen.

Mit der Entwicklung des Endosperms hält diejenige der Testa des Samens gleichen Schritt. Die letztere entsteht aus der epidermidalen Zelllage des Ovulums (siehe Fig. 1 Taf. VIII), also, wie wir bereits sahen, der oberen Zellschicht des Integumentes, des Knospenkernes und des Funiculus. Diese Zellen zeichnen sich vor den übrigen der Samenknospe schon früh durch ihre Grösse aus. Zur Zeit der Befruchtung des Ovulums sind sie noch sehr zartwandig, die Farbe ihrer Membranen spielt in's Gelbliche. Etwa in einem Stadium, in dem der junge Keimling seine Kreuztheilungen empfängt, nehmen sie eine dunklere Färbung an, die Membranen verdicken sich, die poröse Verdickung, durch die jene Zellen ausgezeichnet sind, beginnt.

Diese Verdickung findet nicht in allen Zellwänden der epidermidalen Lage statt, sie trifft vorzugsweise nur die dem Endosperm zugekehrte Membranwandung, ferner die auf jener senkrecht stehenden, also Seitenwände der Testa. Die Aussenwandungen werden, soweit ich das beobachten konnte, nie stark verdickt. Poren sah ich in ihnen nicht, sie werden in späterer Zeit sehr brüchig, reissen sehr leicht,

[1]) Hofmeister, Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung etc. pag. 536.

so dass man bei Schnitten durch den reifen Samen meist nur Bruchstücke von ihnen erhält. Bei Präparaten, die man an halbreifen Samen durch tangentiale Schnitte oder durch Quetschen erlangt, hindert die nach oben liegende Aussenwand die Beobachtung nicht. Durch verschiedene Einstellung des Mikroskopes kann man sich leicht überzeugen, dass die angelegten porösen oder netzförmigen Verdickungen der tiefer liegenden Innenmembran angehören. Die auf dieser stehenden engen Seitenwände werden durch Quetschen oder Auflegen des Deckglases meist nicht umgebogen, ihre ebenfalls netzförmig oder porös verdickten Membranen fallen alsdann in einer höher liegende Ebene. Ganz hoch eingestellt würde alsdann die schwach verdickte Aussenwand kommen. Diese wird aber nur dann leicht sichtbar, wenn durch die verschiedenen Manipulationen an ihr eine Verletzung eingetreten ist.

An obigen Präparaten lässt sich die Struktur der Poren betrachten. In früheren Stadien erschienen dieselben, von der Fläche gesehen, als schwach behöft, in späteren Entwickelungszuständen und besonders an dem völlig reifen Samen, wird ein derartiges Bild durch die dunkle, braunrothe Färbung der Testa sehr beeinträchtigt. Es zeigt sich nun, dass bei einer Einstellung auf die Seitenwände, also bei einem optischen Querschnitt der Membran selbst, zur Zeit der Halbreife des Samens, dieser schwache Hof dadurch entsteht, dass die nach dem Lumen der Zelle hin vorspringenden Zellstoffpartieen etwa die Form der Zähne eines Zahnrades besitzen. Der durch sie gebildete Porenkanal ist damit nicht parallel, er erweitert sich nach dem Lumen der Zelle hin etwas, er besitzt eine etwa trichterförmige Gestalt.

Von der Fläche gesehen, muss somit durch diese ungleiche Membranverdickung der schwache Hof entstehen, und zwar hier gerade auf umgekehrte Art, als dies etwa bei den behöften Tüpfeln der Coniferen der Fall ist. Bei letzteren wird gerade der dem Lumen der Zelle zugekehrte Theil des Porenkanals enger, der in der Mitte der Membran liegende weiter. Noch reiner tritt die Struktur dieser Poren auf der Innenseite der Zellen der Testa auf. Hier grenzen die Membranen an ein ungleichwerthiges, anders verdicktes Zellgewebe an. Während bei den Seitenwänden die Poren der einen Zelle mit denen der andern communiciren, also die Membran als Ganzes aufgefasst in

ihrer Mitte einen dünnen nach den Lumina der jeweiligen Zellen hin sich vergrössernden Porenkanal besitzt, ist das Verhältniss hier ein einfacheres. Die dem fremden Gewebe anstossende Seite der Zellwand zeigt die enge, die Innere, die erweiterte Stelle des Porenkanals.

Man erhält solche Präparate leicht durch Längs- oder Querschnitte durch den reifen Samen. Hierbei müssen die inneren Wände der Testa stets getroffen werden. Sie zeigen in manchen Fällen eine geradezu wellenförmige Gestalt. Erforderlich ist nur, dass man eine starke Vergrösserung, am besten Immersionsystem, zur Beobachtung wählt.

Zu erwähnen bliebe endlich noch, dass die Poren an den Innenwänden weit zahlreicher vorhanden sind als an den Seitenwänden. Nur bei Boschniakia glabra fand ich sie gleich zahlreich vertreten. Bei allen anderen untersuchten Arten kommen unter Umständen Seitenwände ohne jede Durchbrechung vor.

Auf die Frage der Art der Verdickung der Zellen des Testa ist Caspary ausführlicher eingegangen. Er macht hierüber folgende Mittheilung[1]):

„1) Die Gattung Orobanche L. hat poröse Zellwände, die Poren sind runde, sehr kleine, dünnere Stellen.

Hierher gehören:

O. cruenta, procera, pruinosa, Epithymum, Galii, rubens, lucorum, minor, amethystea, cumana.

Die Poren sind mehr oder weniger zahlreich vorhanden. Orob. Epithymum hat nur wenige und steht in Beziehung auf ihre geringe Zahl auf einem Extrem. Sehr zahlreiche Poren hat dagegen Orob. Hederae und rubens. Bei O. lucorum sind die Poren nicht ganz rund, sondern etwas eckig. Die Verdickungsweise nähert sich also dem netzförmigen, wie es bei Ph. ramosa sich findet.

2) Die Zellwände der Gattung Phelipaea Desf. sind netzförmig verdickt aber mit 2 Modificationen:

A. Bei Phelipaea coerulea und arenaria sind die Maschen sehr gross und gering an der Zahl, kaum 10—12. Die Verdickungsfäden bei Ph. coerulea sind viel dünner als bei arenaria.

B. Netzförmig verdickt, mit sehr kleinen zahlreichen Maschen, ist die Schale von Ph. ramosa. Die Maschen sind rundlich-polygonal."

---

[1]) Caspary, a. a. O. pag. 579.

Die diesem Texte entsprechenden Zeichnungen[1]) erläutern das Gesagte näher.

Im Allgemeinen kann ich die Angaben Caspary's bestätigen, muss dagegen bemerken, dass eine völlig scharfe Abgränzung dieser drei Fälle der Verdickung der Testa mir nicht vorhanden zu sein scheint. Wir haben es hier mit Formen zu thun, die sich hinsichtlich ihrer Entwickelung sehr nahe stehen. In der porösen Verdickung haben wir den einfachsten Fall. Mit dem Grösserwerden der Poren nehmen diese auch mehr eine eckige Gestalt an, die Verdickung wird maschenförmig im Sinne Caspary's. Die extremste Stellung erhält endlich die netzförmige Verdickung, sie ist nichts als die vorgeschrittene maschenförmige.

Neben diesen drei Fällen existiren nun Uebergänge der einen Form zur anderen. Während die poröse Verdickung von O. Hederae von der maschenförmigen von Ph. coerulea leicht zu unterscheiden ist, wird die Sache schwieriger bei den weniger extrem gestellten Fällen. Es kann vorkommen, dass man sehr in Zweifel geräth, wo die maschenförmige Verdickung beginnt und die poröse aufhört und umgekehrt.

Dazu kommt noch, dass die Testa einer und derselben Species mehrere der geschilderten Verdickungsformen besitzen kann. Ich fand an einer und derselben Samenschale von Orobanche Hederae zunächst Zellen mit Poren, die viel kleiner waren, als dies normal der Fall zu sein pflegte. Direkt anstossende Zellen liessen dann die normal grossen Poren sehen, andere endlich waren so ausgebildet, dass man sie hinsichtlich ihrer Verdickung den maschenförmigen Zellen von Phelipaea ramosa an die Seite stellen konnte. Fälle mit Poren zweierlei Grösse hatte ich Gelegenheit fast bei allen untersuchten Arten zu beobachten.

Die Zellen mit den grössten Poren fanden sich meist in der Nähe des Funiculus vor.

Man sieht hieraus, dass man nicht allzugrosse Anforderungen an eine solche Eintheilung stellen darf. Ganz richtig ist die Neigung der Gattung Phelipaea grössere Poren in der Testa anzulegen, als das bei der Gattung Orobanche der Fall ist. Ausnahmen kommen auf der einen wie der andern Seite vor.

[1]) a. a. O. Taf 3. Fig. 6—9.

Von den von mir untersuchten Arten besassen im Allgemeinen poröse Verdickung:

Orobanche Hederae, Duby.;
O. cernua, Löffl.; O. Cervariae, Suard.;
O. flava, Mart.; O. Scabiosa, Koch.;
O. rubens, Wallr.; O. Teucrii, F. W. Schulz.;
O. pruinosa, Lap.; O. cruenta, Bert.;
O. Epithymum, D C.; O. minor, Sutt.;
O. Rapum, Thuill.

Die Poren wurden grösser und näherten sich dem maschenförmigen.

Orobanche procera Koch.; O. Ulicis Desmoul.;
O. lucorum A. Braun.

Grössere Maschen besassen:

Phelipaea aegyptiaca Walp.;
Ph. Mutelii Reut.; Ph. ramosa C. A. Meyer.;
Ph. lavandulacea Schultz.

Mit ganz grossen Maschen (netzförmig) war versehen:

Phelipaea coerulea C. A. Meyer.

Boschniakia glabra C. A. Meyer. (Orob. rossica Schlechtend.; glabra Hook.) schliesst sich den erstgenannten Arten an. Besonders bemerkenswerth war hier die regelmässig polyedrische Gestalt der Zellen der Testa, ferner die vielfachen Poren der Seitenwände derselben.

Phelipaea lutea Desf. (Cystanche lutea Ledeb.) zeigt vollständig anderen Bau der Samenschale. Die Innen- wie die Aussenwände besitzen hier keine besondere Verdickung. Die hier ziemlich starken Querwände lassen dagegen eine sehr zierliche bandförmige Verdickung sehen. Die sehr gleichmässig ausgebildeten Bänder laufen wie eingesetzte Ringe an den Seitenwänden herum. Die Färbung dieser Zellen ist ebenfalls eine dunkel rothbraune.

Epiphegus virginianus Bart. unterscheidet sich ebenfalls völlig von den hier betrachteten Gattungen dadurch, dass die Zellen seiner Testa keine hervorragende Verdickung besitzen. Sämmtliche Wände bleiben hier sehr zart und behalten auch bei der Reife des Samens eine leichte gelbliche Farbe bei. Auch die Aussenwand erhält sich in völlig gutem Zustande. Die Form der Zellen selbst nähert

sich dem spindelförmigen und ist bei der einen Zelle genau wie bei der anderen.

Mit der Ausbildung des Endosperms wird durch das sehr schnell erfolgende Wachsthum des Embryosackes das Gewebe des Knospenkerns zusammengedrückt und fällt endlich der Resorption anheim. Es werden hiervon sämmtliche Zelllagen betroffen, die zwischen dem Embryosack und der epidermidalen Zelllage der Samenknospe liegen. Eine Ausnahme machen nur diejenigen Zellen, welche zwischen dem, nahe der Mikropyle liegenden, sterilen Stücke des Embryosackes und der Aussenwand der Samenknospe sich befinden. Diese werden wohl zusammengedrückt, eine Resorption findet dagegen bei ihnen kaum, oder nur unbeträchtlich statt. Bei genau medianen Längsschnitten durch den reifen Samen zeigen sie sich als braun gefärbte, nicht stark verdickte Membranen, die unter der Testa liegend die zurückgebliebenen Theile des Embryosacks, von dem wir oben sahen, dass er in diesen Zustand dem Mikropylenkanal nicht unähnlich sieht, umschliessen. (Figur 23, Taf. X. L.)

Das kleinere, an der Chalaza befindliche, sterile Stück des Embryosackes verschwindet während der Reife vollständig.

Auf diese Weise gelangen die ziemlich dicken, weissglänzenden Aussenwände des Endosperms mit der die Testa bildenden epidermidalen Zelllage der Samenknospe in Berührung. Zwischen ihnen und der Testa zeigt sich indessen noch eine Lage von Membranplatten, die eigenthümlich gebaut sind. Auf dem Längs- oder Querschnitt des reifen Samens sind sie nur bei sehr starker Vergrösserung wahrzunehmen und erscheinen dann nur als feine, braune Membranen, die sich von der weissen Aussenwand des Endosperms und der tiefer gefärbten Testa schwach hervorheben und leicht zu der Wandung der letzteren gerechnet werden können.

Weicht man den Samen der Orobanchen in Wasser auf, so lassen sich diese Membranplatten von den an sie gränzenden Zellen trennen, und es zeigt sich, dass sie eine äusserst feine Tüpfelung, ähnlich etwa der der Siebplatten der Gitterzellen der Coniferen, besitzen.

Um mich zu überzeugen, ob diese Tüpfelung nicht etwa die Folge einer Einlagerung kleiner Krystalle von oxalsaurem Kalk in die betreffende Membran ist, wie eine solche nach den Beobachtungen von

Solms Laubach[1]) beispielsweise in dem Baste der Coniferen vorkommt und dadurch ein ähnliches Bild veranlasst, wandte ich polarisirtes Licht an. Derartige Krystalle scheinen hier nicht vorhanden zu sein, denn bei gekreuzter Stellung der Nicols waren keinerlei weisse Punkte in den dunkeln Membranen zu constatiren.

Angelegt werden diese Membranplatten schon sehr früh. Ich konnte sie schon zu einer Zeit beobachten, in der der Embryosack eben in die Dicke zu wachsen begann. Sie liegen dann direkt auf demselben und scheinen aus den den Embryosack umkleidenden, meist tafelförmige Gestalt besitzenden Zellen entstanden zu sein. Es dürfte sich hierbei etwa die Innenmembran derselben auf die angedeutete Weise ausgebildet haben, während der übrige Theil mit dem Gewebe des Knospenkerns zu Grunde ging und resorbirt wurde.

Vielleicht stehen diese Zellplatten in irgend einer Beziehung zu der Wiederaufnahme der Stoffe des zusammengedrückten Gewebes des Nucleus. Hierfür scheint zu sprechen, dass sie sehr früh schon angelegt werden, dass sie ferner direkt über dem Embryosack liegen. Zwischen diesem und der Epidermis befindet sich das zu resorbirende Gewebe des Knospenkerns. Die Resorptions-Stoffe dürften zum Aufbau der sehr bedeutend verdickten Aussenwand des Endosperms verwandt werden.

Am Schlusse unserer Betrachtungen angelangt, hätten wir noch einen kurzen Blick auf die in die Entwicklung des Samens der Orobanchen einschlagende Literatur und die durch sie gegebenen differirenden Punkte zu werfen.

Schacht[2]) sagt über das Verhalten der Samenknospe gelegentlich ihrer Endospermbildung folgendes:

„Das Endosperm erscheint frühzeitig im Mitteltheil des Embryosackes; das obere wie das untere Ende, ebenso die seitliche Aussackung des letzteren, bleiben Zellenleer."

Ganz richtig ist hierbei die in der Mitte des Embryosackes erfolgende Endospermbildung. Aussackungen desselben, in dem Sinne, wie sie etwa bei Lathraea squamaria, Pedicularis sylvatica[3]) u. a. vorkommen und durch Wachsthum des Embryosackes in das Ge-

[1]) Solms Laubach. Ueber einige geformte Vorkommnisse oxalsauren Kalkes in lebenden Zellenmembranen. Botanische Zeitung 1871.

[2]) Schacht, Entwicklung des Pflanzenembryo, pag. 120.

[3]) Siehe Hofmeister, Beiträge etc.

Gewebe des Knospenkerns veranlasst werden, sind keine vorhanden. Hier entstehen, wie wir gesehen haben, ähnliche Gebilde gerade durch das Zurückbleiben des Wachsthums einzelner Partieen des Embryosackes. Diese sind auch nicht zellenleer; die Endospermtheilungen werden in ihnen wenigstens angelegt, wenn es auch später zu einer eigentlichen Bildung von Sameneiweiss nicht kommt.

Ueber den Bau des reifen Samens liegt eine ganze Reihe von Beobachtungen vor. Die älteren Mittheilungen von Gaertner, Vaucher, Meyer, Endlicher und Treviranus geben nur das Allgemeinste. Sie wurden nur bei schwacher Vergrösserung angestellt; über die feinere Anatomie erhalten wir keinen Aufschluss.

Wenn Meyer[1]) — und seine Nachfolger bestätigen dies grösstentheils — sagt:

„Integumentum duplex, exterius crassiusculum carnoso-membranaceum, internum tenuissimum, elasticum albumini arctissime adnatum", so scheint mir Meyer unter diesem inneren, zweiten Integument die weissglänzende dicke Aussenwand des Endosperms verstanden zu haben. Dass derselbe die mit den feinen Poren verversehenen Zellplatten gesehen und für ein inneres Integument gehalten haben soll, erscheint mir bei der geringen Vergrösserung, mit der Meyer, seinen Zeichnungen nach, gearbeitet haben muss, höchst unwahrscheinlich. Zwei Integumente sind, wie wir sehen, weder an der Samenknospe noch an dem reifen Samen vorhanden.

Den ersten genaueren, bei stärkerer Vergrösserung gezeichneten Samenlängsschnitt finden wir bei Schacht[2]). Bei ihm ist, wie dies Caspary später rügt, die Testa mehrzellig.

Caspary, dessen entsprechende Abbildung[3]) jedenfalls die genauste genannt werden muss, giebt die mehrzellige Testa ganz richtig nur an dem Mikropylenende des Samens. Ueber die Testa sagt derselbe folgendes[4]):

„Die Testa besteht vom Chalazaende bis zur Mitte hin und aus einer Zelllage, am Mikropylenende sind dagegen 2—3 Zelllagen. Die

[1]) a. a. O. pag. 43.
[2]) Schacht, Beiträge zur Anatomie und Physiologie pag. 170.
[3]) a. a. O. Taf. 3. Fig. 4.
[4]) a. a. O. pag. 579.

Aussenwand der Zellen der Testa bricht beim Schneiden oft ab. Ich habe mich auf sehr dünnen Quer- und Längsschnitten aufs Bestimmteste überzeugt, dass in der Testa auf der Hälfte des Chalazaendes nur eine Zellschicht vorhanden ist. Sie umgiebt locker und oft Zwischenräume lassend das Endosperm, welches nach Aussen sehr dickwandige Zellwände besitzt und noch von bräunlichen Zellresten des Nucleus und des Embryosackes umgeben ist."

Völlig median scheint mir der Längsschnitt, den Caspary abbildet, auch nicht gegangen zu sein. Er zeigt am Mikropylenende nicht den zusammengefallenen, sterilen Theil des Embryosackes und ist wahrscheinlich über diesem hergegangen. Die hier vorhandene mehrzellige Testa resultirt daraus, dass ein Theil des Gewebes des Knospenkerns — dasjenige, welches den hier liegenden sterilen Embryosack umschliesst (Fig. 23 Taf. X. L.), — nicht resorbirt wurde. Ueber diesem her läuft die Testa. Genau betrachtet ist die letztere hier ebensowenig mehrzellig wie an einem anderen Theil des Samens, es gewinnt nur den Anschein, dass sie das sei, weil sie am Mikropylenende das Endosperm nicht umschliesst, sondern noch ein Stück über zusammengefallene, braun gefärbte Membranen des Knospenkernes hinläuft. Einen eigentlichen Abschluss gewährt die Testa dem Samen überhaupt nicht. Sie ist an der Mikropylenseite offen; zwischen ihr liegen die mehrfach erwähnten nicht resorbirten Partieen des Knospenkernes (Fig. 23 Taf. X. L.).

Wenn Caspary von noch sichtbaren Resten des Knospenkerns und des Embryosackes spricht, die zwischen Testa und Endosperm liegen sollen, so muss ich sagen, dass ich das nach meinen Erfahrungen nicht bestätigen kann. Die wirklich vorhandenen Ueberbleibsel des Knospenkerns hat Caspary, soweit er sie gesehen, als der Testa angehörig aufgefasst und so gezeichnet, sie können somit nicht gemeint sein. Zwischen Endosperm und Testa fand ich nur die oben geschilderten fein behöften Zellplatten. Vielleicht hat diese Caspary als Rudimente des Nucleus aufgefasst.

Dass endlich Reste des Embryosackes vorhanden sind, scheint mir schon aus theoretischen Gründen nicht wohl denkbar. Das Endosperm entsteht nicht durch freie Zellbildung, sondern durch Theilung. Damit wird die Wandung des Embryosacks integrirender Bestandtheil sämmtlicher Tochterzellen, die an sie stossen. Es muss sich damit aus ihr die Aussenwand des Endosperms bilden.

Rückblick.

Die in der vorliegenden Arbeit erlangten Resultate lassen sich kurz in folgende Sätzen zusammenfassen:

1) Das Ovulum der Orobanchen ist anatrop, besitzt nur ein Integument, das an der Mikropyle einzellige Initialen hat, dessen übriger Theil dagegen aus einer doppelten Zelllage besteht. Der Embryosack durchzieht schlauchförmig den Knospenkern und verdrängt an der Mikropyle das Gewebe desselben, so dass hier nur noch wenige zusammengedrückte Membranen des letzteren sich vorfinden.

2) Das Endosperm wird durch Theilung gebildet. Sämmtliche Tochterzellen vermehren sich; die Hauptentwicklung des Sameneiweisses liegt etwa in der Mitte des Embryosackes. An dem Mikropylen-, wie an dem Chalazaende finden sich wohl Endospermtheilungen, doch bleiben jene Partien in ihrem Wachsthum zurück, verkümmern und sind im reifen Samen nur noch rudimentär vorhanden. Besonders bedeutend ist das sterile, an der Mikropyle gelegene Stück des Embryosackes.

3) In dem letzteren wächst in frühen Stadien die eine Keimzelle zu einem cylindrischen, noch nicht mit Quertheilungen versehenen Vorkeim aus, (ähnlich wie bei Lathraea squamaria, Pedicularis sylvatica u. a.) der, zwischen den Endospermwänden hindurch, nach der Mitte des Embryosackes vordringt. Sein kugelförmig angeschwollenes Ende legt hier die ersten Theilungen in der Art an, dass zwei Endzellen entstehen von denen die eine untere die Rolle der Hypophyse spielt, die obere dagegen zum eigentlichen Keimling wird.

4) Die Theilungen in der oberen Zelle folgen dem von Hanstein festgestellten dicotylen Typus. Es entstehen zwei sich rechtwinklig schneidende Theilungen in meridianer Richtung, und in den durch diese Wände entstandenen Quadranten treten alsdann vier äquatoriale Wände auf, die an den betreffenden Längstheilungen in annähernd derselben Höhe inserirt sind. Die Dermatogenabspaltung beginnt meist in den Quadranten der unteren Keimlingshälfte und tritt hier reiner als in dem oberen Keimstockwerk auf. In letzterem entstehen oft vor der Dermatogentheilung Unregelmässigkeiten in der Art, dass Wände von der äquatorialen oder meridianen Wand gegen die Peripherie der Embryonalkugel führen.

Das Binnengewebe der cotylischen Hälfte der Embryonalkugel bleibt sehr einfach, wird häufig unsymmetrisch ausgebildet und differenzirt sich nicht in Plerom und Periblem.

In der radicularen Keimlingshälfte tritt eine solche Sonderung ebenfalls nicht ein; auch hier ist nur ein einfaches Füllgewebe vorhanden, das gegenüber dem der oberen Etage eine regelmässigere Anordnung sehen lässt. Seine Zellen besitzen eine mehr tafelförmige Gestalt. — Auch hier macht sich häufig eine unsymmetrische Ausbildung der Binnentheilungen geltend.

5) Die Anschlusszelle verhält sich völlig normal, sie schliesst den Embryo nur in einem frühen Stadium seiner Entwicklung ab. Unabhängig von der Theilung der Embryonalkugel entstehen auch in ihr ähnlich Kreuztheilungen. Sie wölbt sich in den Keimling ein, theilt vier Zellen dem Füllgewebe zu, schliesst die Epidermis ab und lässt endlich noch einige dem Vorkeim angrenzende Zellen zu Grunde gehen.

6) Der Keimling entsteht somit im Allgemeinen normal. Er repräsentirt das jugendliche Stadium eines dicotylen Embryo, bei dem die Hypophyse schon früh in Thätigkeit getreten ist.

7) In der Keimungsperiode entspricht das Plumulaende des Keimlings noch so ziemlich den früheren Zuständen. An dem Radicularende erscheint keine Wurzelhaube. Das Wachsthum erfolgt hier durch Dehnung der Epidermis seitens der Initialen des Füllgewebes, die sich tangential theilen, und deren Segmente durch Längstheilungen die Zellreihen verdoppeln.

8) Durch das Wachsthum des mittleren Theils des Embryosackes wird das zwischen diesem und der epidermidalen Zelllage der Samenknospe befindliche Gewebe des Knospenkerns zusammengedrückt und resorbirt. Die Testa entsteht aus dieser äusseren Zelllage. Reste des Knospenkernes finden sich nur noch an dem sterilen Endospermstück der Mikropyle, das schlauchförmig zusammengefallen ist und sich dunkelbraun gefärbt hat. Die porös-, maschen-, netz- oder bandförmig verdickte Testa schliesst an jener Stelle den reifen Samen nicht ab, sondern endigt über diesen braungefärbten Resten des Nucleus.

9) Zwischen Testa und Endosperm liegen Membranplatten, die mit ähnlichen Poren wie diejenigen der Siebplatten der Gitterzellen versehen sind. Die Testa ist bei der Gattung Orobanche und Bosch-

niakia im Allgemeinen porös, bei Phelipaea maschen- bis netzförmig. Epiphegus virginianus zeigt keinerlei hervorragende Verdickung. Cystanche lutea besitzt eine ringförmig verdickte Testa.

Die Aussenwände der Testa bleiben meist nur schwach und wenig entwickelt. Die erwähnten Verdickungsformen treffen besonders nur die Innenwände, weniger (mit Ausnahme von Cystanche lutea) die Seitenwände der Testa.

Heidelberg, Botanisches Institut der Universität, im Februar 1876.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VIII.

Fig. 1. Optischer Längsschnitt durch das reife Ovulum von Orobanche Hederae zur Zeit seiner Befruchtung.

In. Initialen des Integumentes.
M. Mikropyle.
Km. Keimzellen.
An. Antipoden.
F. Funiculus.

Vergr. 1 : 250.

Fig. 2—8. Fortlaufende Entwicklungsstadien der Keimentwicklung von Orobanche Hederae.

a. Embryonalkugel, eventuell Zelle, aus der solche entsteht.
b. Hypophyse.
c. Vorkeim.
d., e. erste meridiane Wand.
f. g. h. i. äquatoriale Theilungen.
k. l. vor der Dermatogentheilung im cotylischen Keimstockwerk entstandene Wand;

Vergr. Fig. 1—8. 1 : 740.

Tafel IX.

Fig. 9—11. Eortsetzung der Keimentwicklung.

m. n. Abgrenzungswände der Epidermis. Die Zellen p, p[1] werden dem Füllgewebe der radicularen Keimhälfte zugetheilt;
Die Zellen q., q[1]. schliessen die Epidermis nach dem Vorkeim hin ab. Die bei o gehen mit dem Vorkeim zu Grunde.

Vergr. Fig. 9, 10 u. 11 1 : 600.

Fig. 12. Vollständig entwickelter Embryo von O. Hederae. Die bei b. liegenden, schraffirten Zellen sind Derivate der Hypophyse.
Vergr. 1 : 600.

Fig. 13. Keimling, dem reifer Samen von O. Hederae entnommen. Unsymmetrische Ausbildung des radicularen wie cotylischen Keimstockwerkes.
Vergr. 1 : 600.

Fig. 14. Optischer Querschnitt durch die radiculare Hälfte des Keimlings.
Vergr. 1 : 550.

Fig. 15. Optischer Querschnitt durch die kotylische Hälfte eines solchen.
Vergr. 1 : 550.

Fig. 16. Embryo von der Radicula gesehen. An den bei k. sichtbaren Zellen sass der Vorkeim an.
Vergr. 1 : 500.

Tafel X.

Fig. 17. Plumulaende des Keimlings von O. Hederae in frühen Stadien der Keimung.
Vergr. 1 : 320.

Fig. 18 u. 19. Radicularende des Keimlings von O. Hederae. Kurz nach dem Austritt aus dem Samen und in etwas späterem Stadium der Keimung. (vor Erreichung einer Nährwurzel).
Vergr. 1 : 320.

Fig. 20 u. 21. Entwicklung des Endosperms.
r. s. Theile des Embryosackes, die im Wachsthume zurückbleiben und später zu Grunde gehen. Aus dem mit t bezeichneten Stück des Embryosackes entsteht das Sameneiweiss.
Vergr. 1 : 400.

Fig. 22. Endosperm des halbreifen Samens. Die sterilen Stücke des Embryosackes r. s. sind bei dem Ausdrücken aus dem Ovulum theilweise abgerissen.
Vergr. 1 : 250.

Fig. 23. Medianer Längsschnitt durch den reifen Samen von O. Hederae.
E. Embryo.
g. Ihn umgebendes kleinzelliges Gewebe des Endosperms.
h. Zellen der Testa.
k. Aussenwand des Endosperms. Zwischen ihr und der Testa liegen die nur als zarte Linie sichtbaren, mit siebförmiger Durchbohrung versehenen Zellplatten.
F. Steriles Stück des Embryosackes.
L. Die dieses umgebenden Reste des Gewebes des Knospenkernes.
Vergr. 1 : 200.

Ueber die Entwicklung von Phyllitis, Scytosiphon und Asperococcus.

Von

J. Reinke.

(Mit Taf. XI, XII.)

I. Phyllitis Fascia Ktz.

Der Thallus dieser braunen Alge gleicht dem einer kleinen Laminaria, weshalb dieselbe von früheren Autoren auch dieser letzten Gattung einverleibt wurde. Der Laubkörper verjüngt sich der Basis zu in einen kurzen, flachen Stiel, welcher in der Regel mit mehreren Nachbar-Individuen einer gemeinsamen Rhizomscheibe entspringt, so dass man die Pflänzchen in Büscheln von zwei bis 10 Stück beisammen findet.

Was den anatomischen Bau anlangt, so hat schon Kützing[1]) einen Durchschnitt durch das Laub abgebildet, wonach dasselbe aus einer kleinzelligen Rindenschicht und grosszelligeren, parenchymatischen Innenschichten besteht.

Die von mir untersuchten Exemplare zeigten als Berindung eine innere Schicht kleiner, fast kubischer Zellen, welcher nach Aussen die fünf bis sieben Zellen mächtige, Zoosporen erzeugende Schicht auflagert (Taf. XI Fig. 1.); an einzelnen Stellen, wo keine Zoosporenbildung stattfand, sieht man statt dessen ein bis zwei Lagen von Zellen, die denen der inneren Rindenschicht gleichen. Die Flächenansicht solcher Stellen, wo ein Theil der Zoosporen ausgeschlüpft ist, lehrt, dass 4, seltener 6 Zoosporenreihen einer Zelle der inneren Rinden-

---

[1]) Phyc. gen. Taf. 24III.

schicht entsprechen, und jedenfalls durch senkrecht zur Laubfläche stattgehabte Theilungen einer Zellschicht entstanden sein müssen, welche durch tangentiale Wände von der inneren Rindenschicht sich abspaltete. Der Innenkörper des Laubes besteht aus zwei an die Rinde grenzenden Schichten mittelgrosser und zwei in der Mitte gelegenen Lagen sehr grosser Zellen, zwischen denen längere oder kürzere wurmartige Zellen nach verschiedenen Richtungen hin verlaufen, die, wie es scheint, den Hyphen von Laminaria entsprechende Aussackungen der grossen Zellen sind. Ein Längsschnitt durch den Stiel zeigt die mittleren Zellen mehr in die Länge gestreckt und dicht zusammenschliessend, so dass auch die hyphenartigen Auswüchse unterbleiben, während eine dicke, aus kleinzelligem Parenchym bestehende Rinde die Zoosporen führenden Schichten ersetzt. Das Rhizom endlich besteht ganz aus kleinzelligem Parenchym, dessen äussere Zellen zu Wurzelhaaren auswachsen.

Hinsichtlich der Sporangien von Phyllitis liegt die Notiz von Thuret[1]) vor, dass dieselben denen von Scytosiphon vollständig gleichen, nach Thuret's Nomenclatur also Trichosporangien sind; dabei ist aberzu beachten, dass sie nicht etwa haarartigen Auswüchsen der Epidermis entsprechen, sondern der Epidermis selbst gleichwerthig sind. Die einzelnen Zoosporen sind jede in eine besondere, cubische Zelle eingeschlossen; dass die Zoosporen-Reihen auch durch Querwände unterbrochen werden, zeigen sehr zarte Schnitte, aus denen der protoplasmatische Inhalt herausgefallen, am deutlichsten. Sind die Zoosporen fertig gebildet, so verflüssigen sich die Wände ihrer Mutterzellen, sie schwärmen fort, und von der ganzen Sporangienschicht bleibt keine Spur zurück.

Die Zoosporen sind birnenförmig, sie tragen am farblosen Vorderende zwei Cilien, während im dickeren Hinterende ausser grösseren Körnchen sich ein meist schüsselförmiger Pigmentfleck befindet. (Fig. 2.)

Nach kurzer Zeit des Schwärmens kommen die Zoosporen an den in das Wasser getauchten Objectträgern zur Ruhe. Entfernt man diese Glasplatten rechtzeitig aus dem mit Zoosporen angefüllten Behälter, so findet man noch zahlreiche isolirte Zoosporen, die, mit der

[1]) Mémoires etc. de Cherbourg 1864, pag. 20.

Seite fest am Glase haftend, sich zu einer Kugel contrahirt und eine Cellulose-Membran abgeschieden haben; dieselben lassen sich dann in reinem Wasser weiter cultiviren (Fig. 3). Lässt man dagegen solche Objectträger längere Zeit in dem Zoosporen-Wasser, so setzen sich die später kommenden immer um die bereits am Glase befestigten an, so dass eine Platte mit einer Anzahl von Sporenhaufen bedeckt ist, deren jeder aus hunderten ja tausenden von Sporen besteht. Eine ausnahmslos einheitliche Orientirung der zur Ruhe gekommenen Schwärmer lässt sich dabei nicht nachweisen. Zwei Schwärmer halten meistentheils das Vorderende einander zugekehrt; kommen dann hinzu, so kehrt die Mehrzahl ihr Vorderende dem ursprünglichen mehre Attractions-Centrum zu. Die anfangs einschichtigen Sporenhaufen werden später in der Mitte mehrschichtig, scheinen jedoch am Rande immer einschichtig zu bleiben. Contrahirt man den Zelleninhalt, so sieht man in den einschichtigen Haufen die Cellulose-Membranen der Sporen zu einem zarten, durch den gegenseitigen Druck polygonalen Netzwerk verbunden. (Fig. 4.)

Bereits nach 1 bis 2 Tagen beginnt die Keimung; für den Verfolg derselben sind aber die grossen Sporenhaufen zunächst weniger geeignet, und kehren wir deshalb zu den frühzeitig isolirten Objectträgern zurück.

Nach 1 bis 2 Tagen der Ruhe beginnen diese einzelnen Sporen an der dem schüsselförmigen Pigmentfleck gegenüberliegenden Seite, ihrem ursprünglichen Vorderende, zu einem mehrzelligen Keimfaden auszuwachsen. (Fig. 5 [a].) Diese Keimfäden scheinen in den meisten Fällen zunächst einfach zu bleiben, nur in einzelnen Fällen sah ich sie sich bereits auf früher Entwicklungsstufe verzweigen (Fig. 5 [b]); sie wachsen fort unter Theilung ihrer sämmtlichen Zellen, nicht selten mit korkzieherartigen Windungen. Berühren die Keimfäden zweier (oder mehrer) nahe gelegener Zellen einander, so legen sie sich hier fest zusammen, die im Contakt stehenden Zellen theilen sich viel lebhafter, sie wachsen in Windungen um einander herum und bilden ein sich immer mehr vergrösserndes, kugliges Knäuel, das, wenn es ursprünglich aus den Keimfäden zweier Sporen gebildet wurde, nach Verlauf einiger Zeit aus sehr zahlreichen Zellen bestehen kann; die einzelnen Zellen sind ziemlich isodiametrisch, und zeigen das Bestreben, sich gegen einander abzurunden. Allgemein scheint

eine oder mehre der Kopfzellen (d. h. der ursprünglichen Spore) mit in die Knäuelbildung hineingezogen zu werden. (Fig. 6. 7. 8.)

Zur Zeit dieser Entwicklungsphase findet man den Objectträger mit zahlreichen Knäueln verschiedener Grösse bedeckt; dabei habe ich keinen Fall zu finden vermocht, wo eine einzige Spore mit einem einzigen Keimfaden zu einem Knäuel herangewachsen wäre; es scheinen sich immer mindestens zwei Sporen am Aufbau eines Knäuels zu betheiligen. Die vereinzelten Keimfäden sah ich fortwachsen, bis sie aus 6 bis 12 Zellen bestanden, die dann meist etwas angeschwollen waren. In diesen Zellen contrahirt sich der Inhalt und tritt seitlich durch die Zellwand ins Freie, wo er als ruhende Protoplasmakugel eine Cellulosemembran ausscheidet, um in ähnlicher Weise wie die eigentlichen Sporen zu keimen. (Fig. 9.) Ich will diese, niemals schwärmenden Gebilde Secundärsporen nennen. Ob die von ihnen erzeugten Keimfäden Knäuel zu bilden vermögen, habe ich nicht ermittelt.

Die Knäuelzellen vergrössern sich langsam, bis sie ein Vielfaches der Sporen-Grösse erreicht haben; anfangs braungelb, färben sie sich allmählig tief dunkelbraun. Nach Verlauf von 6 bis 8 Wochen sah ich einzelne Zellen der Knäuel zu neuen Phyllitis-Pflänzchen aussprossen; bevor wir diesen neuen Entwicklungs-Process ins Auge fassen, dürfte es zweckmässig sein, erst die Fortbildung der zu grossen Haufen gruppirten Sporen zu untersuchen.

Hier pflegen einige der am Rande der Haufen gelegenen Sporen zu langen Keimfäden auszuwachsen, die mit einander Knäuel bilden können, oder sich in Secundärsporen auflösen.

Die grosse Mehrzahl dieser Sporen entwickelt aber keine Keimfäden, sondern die Zellen gehen höchstens an Stellen, wo sie den Raum finden, einige Theilungen ein; meistens aber befinden sie sich in engem, gewebeartigem Verbande und stehen unter dem Drucke ihrer Nachbarzellen. In diesem Zustande vergrössern die Sporen nur ihr Volumen, wobei die aussen gelegenen ein Bestreben sich abzurunden zeigen, unter tiefbrauner Färbung des Inhalts. Die durch die Grössen-Zunahme der einzelnen erzeugten Spannungen rufen vielfach ein blasenförmiges Auftreiben des ganzen Haufens und Zerreissen desselben hervor, wodurch innere Zellen desselben auch nach Aussen gekehrt werden können. Die Sporen gleichen zuletzt ganz den oben

beschriebenen Knäuelzellen; wie bei diesen, vermögen auch einzelne von ihnen zu neuen Phyllitis Thallomen sich zu entwickeln. Bemenswerth ist, dass nicht alle Zellen eines Sporenhaufens diese Fähigkeit besitzen, sondern nur wenige; aus dem grössten Haufen entstehen etwa ein Dutzend Pflänzchen.

Die Entwicklungsgeschichte des Phyllitis-Pflänzchens ist folgende. (Fig. 10. 11. 12.) Zuerst theilt sich eine oberflächlich gelegene Zelle eines Sporenhaufens durch eine Querwand; die vordere Theilzelle wächst durch wiederholte Quertheilung zu einem kurzen Zellfaden aus; die Theilungen vollziehen sich zuerst vorwiegend in der Scheitelzelle, gehen dann auf die Gliederzellen über und zuletzt verlieren die Scheitelzelle sammt den nächsten darunter gelegenen Gliederzellen die Theilbarkeit oft ganz. Dann spaltet der ganze Zellenfaden durch gleichsinnige Längswände sich in zwei Zellreihen (Fig. 11 [a]), deren Zellen sich weiter durch wechselnde Quer- und Längstheilungen vermehren, wobei die Längstheilungen im künftigen Stiel des Thallus sparsamer stattfinden wie in der Spreite; so kommt die in Fig. 12 abgebildete Stufe zu Stande, die bis auf die Basis des Stiels noch einschichtig ist. Im Stiel beginnt zuerst eine Theilung in der dritten Dimension, dann spaltet auch der Spreitentheil sich mit Ausnahme der randständigen Zellreihen in drei Schichten, deren Innere den grosszelligen Innenkörper entwickelt, während die beiden äusseren die Rinde bilden. In den Fällen wie Fig. 12 verliert die Spitze des Thallus die Fähigkeit, weiter zu wachsen; wo dagegen die Scheitelzelle gleich im Anfang sich der Länge nach getheilt hat, scheint auch die Spitze dauernd mitzuwachsen.

Characteristisch für die Pflanze ist, dass das Wachsthum sich nicht auf eine besondere Bildungsregion oder einen Bildungspunkt localisirt; wenigstens ist an jungen Pflänzchen von 1 Centim. Länge nichts von einer derartigen Differenzirung des Gewebes zu sehen, und auch ältere, im Herbst gefundene noch sterile Pflänzchen sprechen nicht dafür; dagegen erlischt das Wachsthum in dem oberen Theil der Lamina früher als in dem unteren. Ob die Metamorphose der Epidermis in Sporangien eine bestimmte Entwicklungsrichtung inne hält, habe ich nicht sicher zu entscheiden vermocht.

Die übrigen Zellen des Sporenhaufens, aus denen keine Pflänzchen entstanden, und die eine Zeitlang noch die Basis eines kleinen

Phyllitis-Büschels umgeben, gehen später zu Grunde. Nur ein Präparat besitze ich, wo mehre Zellen eines Knäuels, der drei Phyllitis-Pflanzen entwickelte, zu langen, ausläuferartigen, verzweigten Zellreihen auswachsen, deren weiteres Entwicklungsvermögen ich aber nicht aufgeklärt habe.

2. Scytosiphon lomentarius Endl.

Wie bereits Thuret nachgewiesen, schliesst sich Scytosiphon hinsichtlich seiner Fructification ganz an Phyllitis an; die Epidermis theilt sich in pallisadenförmige Zellreihen, deren jede Zelle als kleiner Schwärmer ausschlüpft.

Die denen von Phyllitis an Grösse und Gestalt gleichenden Schwärmer setzen sich an festen Gegenständen zu eben solchen dichten Sporenhaufen an einander, wie sie für jene Pflanze beschrieben wurden. Isolirte Sporen sah ich nur zu kurzen Zellfäden auswachsen; eine Knäuelbildung habe ich nicht beobachtet.

Die zu Haufen vereinigten Sporen nehmen allmählig bedeutend an Grösse zu; viele dehnen sich nach einer Seite vorwiegend und gehen einige Theilungen ein; nach sechs Wochen sah ich einzelne Zellen eines Haufens in derselben Weise, wie bei Phyllitis, zu jungen Scytosiphon-Röhren auswachsen (Fig. 13.) Die Entwicklung beginnt mit der Quertheilung einer Zelle, deren vordere Theilzelle sich zu einem kurzen Zellfaden entwickelt. Die Gliederzellen dieses Fadens, entweder bis zur Scheitelzelle hinauf oder erst einige Zellen unterhalb derselben (Fig. 14. a. b.), theilen sich dann durch Längswände in 2 und gleich darauf durch kreuzweise Theilung in 4 Zellen, die im Querschnitt als Quadranten an einander grenzen. Die Ebenen der gekreuzten Längswände stehen meist nicht im ganzen Thallus gleichsinnig, sondern streckenweise gegen einander verschoben, wodurch Ansichten wie Fig. 14 ^{b} zu Stande kommen. Durch weitere radiale Zweitheilung wird der Querschnitt eines jüngern Thallus 8zellig, und dann erst wird, so viel ich ermitteln konnte, nach nochmaliger Quertheilung dieser Octantenzellen durch tangeytiale Wände der Innenkörper von der Rinde getrennt; die letztere theilt sich weiter durch Wände, die radial oder senkrecht zur Axe des Thallus stehen; erst später zerfällt sie durch Tangentalwände in eine innere und äussere Schicht (Epidermis), die sich, wie bei Phyllitis, zu den

Sporenzellen entwickelt. Bei den meisten Individuen theilt sich schliesslich auch die Scheitelzelle und kann dann die Thallusspitze von einem oder von mehreren Haaren gekrönt sein; Haarbüschel sind auch über die anderen Theile des Thallus zerstreut. Abgesehen von der äussersten Spitze, deren Zellen auch hier zuerst auswachsen und später oft abgeworfen werden, zeigen nun die Zellen des gesammten Thallus eine lange andauernde Theilbarkeit, so dass von einem besonderen Bildungspunkte keine Rede sein kann. Auch nachdem im Innern die Zellen auseinandergewichen und mit Ausnahme des kurzen Rhizoms, dessen Zellen kleiner bleiben und an der Basis Wurzelhaare treiben, einen grossen Hohlraum umschliessen, dauert das allgemeine Flächenwachsthum fort. Die Entwicklung der Sporenzellen beginnt aber nach meinen Beobachtungen in Uebereinstimmung mit denen Janczewski's[1]) an der Spitze des Thallus und schreitet basipetal fort. Es dürfte hiermit wohl ein allgemeines basipetales Erlöschen des Längenwachsthums der Pflanze in Verbinduug stehen; einen an der Basis des Thallus gelegenen Vegetationspunkt, den Janczewski sowohl Scytosiphon als auch Asperococcus, Punctaria u. a. Phäosporeen zuschreibt, und welchen derselbe oft schon durch ein „examen à l'oeil nud“ constatirt, vermag ich nicht anzuerkennen.

3. Asperococcus compressus Gr. und ramosissimus Zan.

Die Gattung Asperococcus stimmt darin mit Phyllitis und Scytosiphon überein, dass sie nur eine Form sehr kleiner Schwärmsporen besitzt; sie unterscheidet sich von den oben behandelten Gattungen dadurch, dass nur gewisse über den Thallus zerstreute Gruppen von Epidermis-Zellen der Fortpflanzung dienen, dass die einzelnen Zellen eines solchen Sorus zu beträchtlicher Grösse aufschwellen, über die Laubfläche hervortreten und ohne sich zu theilen, ihren Inhalt in zahlreiche kleine Schwärmer auflösen, welche zwei Cilien besitzen und ganz denen von Scytosiphon und Phyllitis gleichen.

Die Schwärmsporen von Asp. compressus zeigen ebenfalls die Tendenz, sich in grösseren Haufen dicht an einander zu setzen; die isolirten Sporen treiben ein oder zwei gegliederte Keimfäden, welche sich verzweigen können und in dichter Verschlingung sich um ein-

[1]) Memoires etc. de Cherbourg 1875: Observations sur l'accroissement du thalle des Phéosporées.

ander wickeln. Auch die gehäuften Sporen wachsen und theilen sich, soviel der Raum es gestattet. Die Zellen eines solchen dicht verwachsenen Haufens vergrössern sich erheblich im Laufe mehrerer Wochen; zuletzt entwickeln sich aus einzelnen Zellen in der für Phyllitis beschriebenen Weise kleine Asperococcus-Pflänzchen; dabei kann die Scheitelzelle wie bei Scytosiphon ein Haar entwickeln, oder auch nicht. Die Spitze des Thallus hört auf zu wachsen, wenn sie 2 bis 6 Zellreihen breit ist, während das anfänglich einschichtige Gewebe des übrigen Thallus über die ganze Fläche desselben lebhafte Zellenvermehrung aufweist, und zwar eine ungemein regelmässige Quadrattheilung. Die Differenzirung in den kurzen Stiel und den Spreitentheil hat sich bereits an 1 Millim. langen Pflänzchen vollzogen. Centimeter-lange Individuen fand ich dann schon dreischichtig. Das Flächenwachsthum des Thallus erlischt schliesslich von der Spitze nach der Basis; man erkennt dies besonders schön an älteren Exemplaren, deren obere Soris bereits ihre Zoosporen entleeren, während an der Basis kaum die erste Differenzirung der Sporangienzellen von den übrigen der Epidermis hervortritt.

Es war mir von besonderem Interesse, mit dem Wachsthum von A. compressus dasjenige des Asp. ramosissimus Zan. zu vergleichen, von welchem ich eine zwergige Form aus dem Golf von Bajä erhielt. Die Verzweigung dieser Pflanze ist eine sehr manchfache: normale und acropetal sich folgende Aeste werden von adventiven durch Auswachsen einer Oberflächenzelle gebildeten unterbrochen, und manche Zweige zertheilen sich an der Spitze in einen Wirtel kleiner Aestchen. Die Zweige, welche zahlreiche gegliederte Haare mit basalem Wachsthum tragen, zeigen nun das ausgeprägteste Spitzenwachsthum; sie laufen in eine einzige Zelle aus, die an älteren Zweigen ein oder auch mehre Haare trägt. Sowohl in dieser Scheitelzelle wie in den dahinter folgenden Gliederzellen finden die lebhaftesten Quertheilungen statt, durch welche die Verlängerung des Zweiges vermittelt wird; weiter nach rückwärts werden diese Gliederzellen durch sich kreuzende Längswände in vier Quadranten getheilt, welche nach nochmaliger Quertheilung die Zellen des später hohlen Innenkörpers abgliedern und durch fernere Flächentheilung, längs und quer, die Verdickung der Zweige vollziehen. (Taf. XII Fig. 15.)

Die erste Anlage eines normalen wie adventiven Astes erfolgt dadurch, dass eine Oberflächenzelle eine kleine Aussackung treibt, welche sich durch eine Querwand abgliedert und die Scheitelzelle des neuen Astes darstellt,die nun bald zu einer Zellreihe heranwächst (Fig. 16.). Nachdem 6 bis 10 sich ebenfalls quer theilende Gliederzellen gebildet sind, spitzt die Scheitelzelle sich nach vorne ein wenig zu und sondert diesen vorderen Theil durch eine Querwand ab; es ist dies die Mutterzelle des terminal stehenden Haares.

Die seitenständigen Haare entstehen durch Auswachsen des oberen Theils einer Flächenzelle; ihr Wachsthum wird alsbald ein basales. (Fig. 15[a].)

Ich glaube, dass sich das Wachsthum von Asp. ramosissimus mit dem von Phyllitis, Scytosiphon und der anderen Asperococcus-Art beschriebenen morphologisch vergleichen lässt. Die erste Anlage eines Astes, die ersten Theilungen der Scheitelzelle und ihrer Gliederzellen stimmen ganz mit dem Verhalten der jüngsten Entwicklungsstufe z. B. von Scytosiphon überein; der Unterschied besteht nur darin, dass bei A. ramosissimus das Spitzenwachsthum neben dem Flächenwachsthum bestehen bleibt, während bei Phyllitis und Scytosiphon das Spitzenwachsthum frühzeitig erlischt, das Flächenwachsthum ausschliesslich vorherrscht, um später, wenn die Pflanzen dem erwachsenen Zustande sich nähern, von der Spitze her allmählig zu erlöschen.

4. Sexuell oder nicht?

Um die Frage verneinen zu können, ob den Phäosporeen, und speciell den in diesem Aufsatz behandelten Gattungen Sexualität zukomme oder nicht, ist es mindestens nothwendig, den Entwicklungsgang vom Austritt der Zoosporen bis zur Bildung neuer Pflänzchen verfolgt zu haben. Diesem Anspruche genügen die oben mitgetheilten Beobachtungen an Phyllitis, Scytosiphon und Asperococcus, welche Gattungen mir in allen wesentlichen Punkten ihrer Fortpflanzungserscheinungen übereinzustimmen scheinen; da mir aber von Phyllitis die ausgedehnteste Beobachtungsreihe vorliegt, so will ich mich bei Discussion der Frage, ob ein Sexualprocess in den Entwicklungsgang dieser Gattungen eingreife, vorwiegend auf Phyllitis beziehen.

Hinsichtlich der Phäosporeen mit einer Art Schwärmsporen, die uns hier allein interessiren, ist das Vorkommen eines Sexual-

actes meines Wissens nur von Areschoug[1]) für Dictyosiphon behauptet worden. Derselbe hebt in Uebereinstimmung mit allen anderen Beobachtern hervor, dass die Zoosporen während des beweglichen Zustandes nicht copuliren, und fügt hinzu, dass sie nach drei Tagen, nachdem sie am Boden des Gefässes sich in Haufen zur Ruhe gesetzt hatten, zu je zweien „mit den Schnäbeln" zusammenhingen; bei einigen Paaren waren noch die Schnäbel durch eine Scheidewand getrennt, bei anderen war dieselbe schon resorbirt und der Inhalt aus der einen Spore in die andere, angeschwollene übergetreten, welche letztere zuweilen schon einen gegliederten Keimschlauch getrieben hatte.

Von einer derartigen Copulation der zur Ruhe gekommenen Schwärmsporen habe ich bei Phyllitis u. s. w. nichts gesehen; dennoch weisen die Mittheilungen Areschoug's darauf hin, dass das ein Sexualact in jenen ruhenden Sporenhaufen zu erwarten ist, zu denen sich die Schwärmer so vieler Phäosporeen vereinigen. —

An den natürlichen Standorten von Phyllitis ist die Bildung grosser Haufen ruhender Sporen aus den Schwärmern jedenfalls die normale und allgemeine Erscheinung. Diese Sporen haben gleich nach Beendigung des Schwärmens eine Zellhaut ausgeschieden und die Keimung begonnen, welche für die meisten blos in einer langsamen Vergrösserung bestand, während einige derselben Theilungen eingingen; die Wände dieser Zellen waren durch gegenseitigen Druck anfangs polyedrisch; später zeigen sie das Bestreben, sich kugelig abzurunden. Im Laufe von fast zwei Monaten erreichten diese Zellen ungefähr das Zehnfache ihrer ursprünglichen Grösse, und jetzt erst vermögen einzelne von ihnen, unter den nach Tausenden zählenden Zellen 10 bis 20, in weit rascherem Tempo des Wachsthums, als bisher, zu neuen Phyllitis-Pflänzchen auszusprossen.

Nach unseren Vorstellungen von der Zellmembran müssen bei der innigen Berührung der Zellen unter einander lösliche Stoffe aus einer in die andere diffundiren können, und da ist es denkbar, dass durch eine stoffliche Einwirkung verschiedener Zellen auf einander in einzelnen derselben diejenigen Eigenschaften erzeugt werden, welche sie zu einer heterogenen Fortentwicklung befähigen.

---

[1]) Die Arbeit von Areschoug ist mir nur aus dem Referate von Magnus in Bot. Zeitung 1875, pag. 212 bekannt.

Ein Verhältniss, wie es hier vorliegt, dürfte aber vielleicht als ein Geschlechtsact der unvollkommensten Art zu deuten sein.

Auch das Verhalten der isolirten Sporen scheint mir eher für, als gegen diese Deutung zu sprechen. Dieselben wachsen zu längeren Keimfäden aus, und wo mehre solcher Keimfäden zusammentreffen, schlingen sie sich um einander und erzeugen durch lebhafte Theilung einen grösseren Zellen-Haufen, aus welchem heraus einzelne Zellen zu neuen Pflänzchen sich entwickeln können. Bleiben aber auch solche Keimfäden isolirt, so vermögen dieselben ans dem Inhalt ihrer Fäden noch Secundärsporen zu bilden, unter denen ich wenigstens einzelne sich theilen sah; dieselben können also wieder zu Keimfäden auswachsen und besitzen dann immer noch Chancen, auf einen anderen Keimfaden zu treffen.

Will man dagegen als die niedrigste Stufe, für welche die Anwendung des Begriffes Sexualität zulässig ist, die Bildung einer Zygospore aus zwei gleichgrossen Mutterzellen festsetzen, dann sind Phyllitis, Scytosiphon und Asperococcus als geschlechtslose Pflanzen zu bezeichnen.

Die einfachste Erledigung würden die hier angeregten Fragen finden, wenn es gelingen sollte, während der Sommermonate an diesen Pflanzen ausgesprochene Sexual-Zellen zu finden. Allein dies scheint durchaus nicht wahrscheinlich, statt dessen die Aehnlichkeit der ruhenden Sporenhaufen mit den aus den Mikrozoosporen grüner Algen entstehenden Dauersporen zu evident, um nicht in diesen Sporenhaufen die Anfänge geschlechtlicher Einwirkungen vermuthen zu dürfen. Ist bei Phyllitis etc. ein sexueller Gegensatz zwischen verschiedenen Zoosporen vorhanden, so muss diese Verbindung der Sporen zur Ausgleichung desselben genügen können.

Die auf den vorliegenden Blättern mitgetheilten Beobachtungen wurden von mir während des Winters 1875 zu 76 in der zoologischen Station zu Neapel gewonnen.

Erklärung der Figuren auf Tafel XI und XII.

Fig. 1. Senkrechter Durchschnitt durch die Sporen erzeugende Schicht des Laubes von Phyllitis Fascia; c innerste Rindenschicht, b Sporangiumzellen; Vergr. 680.

Fig. 2. Drei Zoosporen während des Schwärmens. Verg. 680.

Fig. 3. Zoosporen, isolirt zur Ruhe gekommen. Vergr. 680.

Fig. 4. Ein Stück aus dem einschichtigen Rande eines drei Tage alten Sporenhaufens. Vergr. 680.

Fig. 5a. Keimung isolirter Sporen. Vergr. 680.

Fig. 5b. Zweigbildung eines solchen Keimlings. Vergr. 680.

Fig. 6. Beginn der Knäuelbildung. Vergr. 680.

Fig. 7. Knäuel. Vergr. 680.

Fig. 8. Grösseres Knäuel, an welchem sich mehr als zwei keimende Sporen betheiligen dürften. Vergr. 680.

Fig. 9. Ein freier Keimfaden, welcher aus den beiden Zellen bei a zwei Secundärsporen hat austreten lassen; bei b die Keimung einer Secundärspore. Vergr. 680.

Fig. 10. Theil eines fast zwei Monate alten Sporenhaufens, aus welchem die Anfänge zweier jungen Phyllitis-Pflänzchen hervorspriessen. Verg. 680.

Fig. 11 und 12. Drei weitere Entwicklungsstufen junger Phyllitis-Pflänzchen. Vergr. 330.

Fig. 13. Aus einem sechs Wochen alten Sporenhaufen hervorwachsende Anfänge von Scytosiphon-Röhren. Vergr. 680.

Fig. 14. Zwei weiter entwickelte Scytosiphon-Pflänzchen, von denen b aus vier Zellenreihen besteht. Vergr. 330.

Fig. 15. Spitze eines Zweiges von Asperococcus ramosissimus; bei a Haare in verschiedenen Altersstufen. Vergr. 400.

Fig. 16. Ein erst vierzelliger junger Seitenast von Asp. ramosissimus; die Scheitelzelle hat noch kein Haar abgegliedert 400.

Ueber die Geschlechtspflanzen von Bangia fusco-purpurea. Lyngb.

Von

J. Reinke.

(Mit Tafel XII. und XIII.)

Derbès und Solier[1]) haben die geschlechtliche Differenzirung von Bangia entdeckt und für zwei Arten beschrieben. Dieselben bemerken, dass die ursprünglich aus einer Zellreihe bestehenden Fäden dieser Algen durch Längstheilungen zu Zellkörpern werden, deren Zellen sich auf einzelnen Individuen zu „Sporen", auf anderen zu viel kleineren, farblosen „Antherozoidien" entwickeln, die beide aus den Fäden heraustreten, wobei die Antherozoidien zumeist sich lebhaft bewegen und zum Theil eine Geissel hervorstrecken sollen.

Ferner beobachteten diese thätigen Algenforscher, dass eine andere Art, die B. atropurpurea, wohl sporentragende Fäden, aber keine solche mit Antherozoidien hervorbrachte; die Sporen keimten aber und wuchsen sogleich zu kleinen Zellfäden heran.

Mit dieser letzten Beobachtung stimmen auch die Angaben von Cohn[2]) überein, welche derselbe über eine auf Helgoland wachsende braungefärbte Bangia gemacht hat: dieselbe producirt ausschliesslich grosse, bewegungslose Sporen, welche ohne das Vorhandensein von Spermatozoidien, also geschlechtslos, keimen und binnen Kurzem einen die Mutterpflanze wiederholenden Zellenfaden produciren.

---

[1]) Memoire s. q. p. de la physiologie des algues p. 64 Taf. 16 Fig. 13—19 und Taf. 23 Fig. 1—5.

[2]) M. Schultze's Archiv für mikroscopische Anatomie 1867. pag. 32, Tafel II. Fig. 5.

Es ist demnach nahe gelegt, dass die Bangia-Arten ungeschlechtliche und geschlechtliche Formen umfassen; aber nur die letzteren habe ich während des Winters 1875—76 in der zoologische Station zu Neapel meinen Beobachtungen unterwerfen können.

Zu Anfang December sammelte ich auf den flachen Tufffelsen, welche am Ende des alten Kriegshafens von Misenum gegen das mare morto zu liegen, eine Bangia, die ich als B. fusco-purpurea Lyngb. bestimmt habe. Die zu dichten, schwarzrothen Rasen vereinigten Fäden erreichten fast die Länge eines Decimeters und hatten bereits sämmtlich angefangen, Fortpflanzungszellen zu bilden; die Entwicklung dieser Fortpflanzungszellen beginnt an der Spitze der Fäden und schreitet der Basis zu fort.

Der unterste Theil der Fäden ist zu einem Rhizom umgebildet, welches dadurch zu Stande kommt, dass die Wände der hier stets nur in einer Reihe liegenden Zellen zu breiter Gallerte aufquellen, während aus jeder einzelnen der letzten 10 bis 20 Zellen farblose, hyphenartige Schläuche hervorwachsen, in der Gallerte der äusseren Zellwand abwärts dringen und die Pflanze am Substrat befestigen helfen. (Fig. 1.)

Während diese Rhizomzellen keiner Theilung fähig sind, trifft man, wenn man den Faden aufwärts verfolgt, die Gliederzellen sehr bald in lebhafter Quertheilung begriffen (Fig. 2 a.); noch weiter aufwärts treten auch Längswände auf, welche in sich kreuzenden Ebenen liegen, und durch welche die einzelnen Gliederzelleu in vier Quadranten zerlegt werden. (Fig. 2 b.)

Die einzelnen Quadranten-Zellen vermehren dann ihre Zahl auch wieder durch Querwände (Fig. 2 c.). Das Auftreten der Längswände schreitet am Faden im Grossen und Ganzen basipetal vor, häufig aber sprungweise, so dass längsgetheilte Fadenstücke zwischen solchen, die nur erst Quertheilung zeigen, eingeschaltet liegen (Fig. 2.).

Geht man noch weiter am Faden hinauf, so treten neue Längswände auf, so dass der Faden bald aus 8 und mehr Längsreihen besteht, deren Zellen sich also durch Querwände und bald auch durch schief und unregelmässig gestellte Wände vermehren.

Im obersten Theil der Fäden sieht man in der Flächenansicht zahlreiche mehr weniger gerundete Zellen neben einander liegen, in einigen Fäden grösser und purpurroth gefärbt (Fig. 4.), in anderen

kleiner und röthlichgrau (Fig. 8.); jenes sind weibliche, dieses männliche Fäden. Oberhalb der zu Reproductionszwecken umgebildeten Zellen bemerkt man mitunter die ursprüngliche Scheitelzelle des Fadens unverändert erhalten (Fig. 3).

Alle diese Umstände deuten darauf hin, dass die Fäden von Bangia fusco-purpurea ursprünglich aus einer Zellenreihe bestanden, die durch Quertheilung sowohl der Scheitelzelle als auch der Gliederzellen sich verlängerte, dann zuerst im obersten Stück Längstheilungen einging, wodurch die Umbildung zu Fortpflanzungszellen eingeleitet ward; dass diese Umbildung dann basipetal fortschritt, während im unteren Theil der Fäden die ausschliesslichen Quertheilungen andauerten. In grösster Deutlichkeit konnte ich diese Modalität des Wachsthums an einer anderen, viel kleineren Species von Bangia constatiren, die in allen vegetativen Entwicklungszuständen auf dem Laube von Haliseris bei Neapel zu finden war. (Vgl. junge Fadenspitzen dieser Art in Fig. 15 u. 16.)

Die weiblichen Fäden zeigen im Querschnitte (Fig. 5 a., dazu die Flächenansicht in Fig. 4.), dass die ersten, den Faden in Quadranten zerlegenden Längswände sich rechtwinklich kreuzen, dass aber die späteren Längswände sich meist unter schiefem Winkel gegen die Quadrantenwände ansetzen; genau halbirende Wände kommen nur selten vor. Daraus folgt, dass die 16 bis 24 auf einem Querschnitt gelegenen keilförmigen Zellen von verschiedener Länge sind, ein Umstand, der dadurch, dass auch die letzten zur Fadenaxe quer stehenden Zellwände sich schief gegen die Wände ihrer Mutterzellen richten, seine Ergänzung findet.

In den männlichen Fäden (Fig. 7, 8) vollziehen sich die Zelltheilungen anfangs ebenso, wie in den weiblichen, allein die Färbung wird nach Oben zu bald heller, schwindet zuletzt fast ganz; und die Theilungen gehen weiter als in den weiblichen Fäden, es entstehen äusserst schmale Keile, die endlich durch tangentiale Theilung in die Spermatozoid-Mutterzellen zerfallen.

Sind die weiblichen Fäden geschlechtsreif, so quellen ihre Zellwände zu Gallerte auf; gleichzeitig findet eine plötzliche Volumenvermehrung der Zellen, wahrscheinlich durch Wasseraufnahme, statt, wodurch denselben der ihnen im Faden angewiesene Raum zu enge wird und sie sich gegenseitig hinausdrängen; sie werden meist sogar

eine kurze Strecke weit vom Faden fortgeschleudert, von dessen Membranresten dann aber bald nichts mehr zu sehen ist.

Die aus dem Faden-Verbande herausgetretenen Zellen (Fig. 5 [b.]) sind keilförmig und von verschiedener Länge, deren Ursache bereits erörtert wurde (Fig. 5 [a.]); sie sind membranlos, von zarter Hautschicht umgeben und bestehen an ihrem spitzen Theile aus farblosem, körnigem Plasma, während in ihrem dickeren Theile ein nicht ganz scharf umschriebener Zellkern von einem rothen Pigmentfleck verhüllt wird. Bewegungen habe ich von diesen Zellen, die nunmehr Eier heissen mögen, nicht notirt.

An den männlichen Fäden, die weniger zahlreich sind, als die weiblichen, vollzieht sich der gleiche Process; auch hier verflüssigen sich die Wände und brechen die Zellen in dichter Wolke hervor, um während des Freiwerdens durch Tetradentheilung in die Spermatozoidien zu zerfallen; dieselben sind kleine, membran- und farblose Plasmakugeln, an denen ich niemals, weder eine Geissel, noch irgend welche Bewegung gesehen habe (Fig. 8, 9).

Es wurden nun kleine Tuffstücke mit Bangia-Rasen in eine Glasschale gelegt, durch welche Wasser von der einen nach der anderen Seite hinströmte. Durch die Strömung flutheten die langen Fäden alle nach der einen Seite hin, und unter diese frei über die Tuffstücke hinausragenden Fäden wurden Objectträger gelegt; dieselben waren nach kurzer Zeit sowohl mit Eiern wie mit Spermatozoidien von Bangia dicht besät und wurden nun in ein anderes Gefäss gethan, das ebenfalls durch einen Strom frischen Meerwassers gespeist ward.

Das Studium dieser Objectträger stellte im Verlaufe von etwa einer Woche Folgendes heraus. Die frei zwischen die Eier hingestreuten Spermatozoidien waren sehr bald desorganisirt, ohne eine Spur von Keimung zu zeigen. Auch die grosse Mehrzahl der am Glase haftenden Eier zeigte bald die Spuren eingetretener Zersetzung und ging ohne weitere Veränderungen zu Grunde. Ein geringer Theil dagegen hatte sich kuglich zusammengezogen und eine Cellulose-Membran ausgeschieden; zugleich war der Kern deutlicher geworden und hatte sich central gelagert (Fig. 11.). Nach Verlauf einer weiteren Woche hatte sich der Inhalt an der Peripherie der Sporen verdichtet, und wuchsen aus ihnen ein oder mehre farblose, von

feinkörnigem Plasma erfüllte Wurzelhaare mit zarter Membran hervor, die sich später durch Querwände septirten. (Fig. 12.)

Es wurde nun die erste Suite von Objectträgern, auf denen nur noch die dünn gesäten keimenden Sporen zu sehen waren, zur Weitercultur zurückgestellt und andere inzwischen unter die fluthenden Bangia-Rasen gelegte Glasplatten untersucht; es kam mir besonders darauf an, die Verbindung zwischen Eiern und Spermatozoidien festzustellen. Ich fand nun zwar häufig Spermatozoidien an verschiedenen Stellen den Eiern anliegen, allein es machte eben keinen andern Eindruck, als dass sie zufällig dahin gefallen und liegen geblieben wären. Dann bemerkte ich aber auch hier und da Zustände, wie sie in Fig. 10 gezeichnet worden sind; der Vergleich mit den Bornet-Thuret'schen Zeichnungen über den Zusammenhang der Spermatozoidien mit der Trichogyne bei den Florideen (vgl. Fig. 17) liess es mir höchst wahrscheinlich erscheinen, dass wir es hier mit der Copulation der Spermatozoidien und Eier von Bangia zu thun haben (Fig. 10 c.). Dabei entspricht der an den Eiern öfters auftretende, lange Plasmahals (Fig. 10c.) der in Fig. 17 gezeichneten Brücke zwischen Spermatozoid und Trichogynehaar.

Aus meinen Beobachtungen geht hervor, dass nur an einer verhältnissmässig geringen Zahl von Eiern der Befruchtungsprocess glückt, und dass hierzu wahrscheinlich eine Copulation des Spermatozoids mit dem spitzen, farblosen Theil der Eizelle nothwendig ist; auf keinen Fall aber möchte ich an dem Vorgange einer geschlechtlichen Einwirkung und an der Richtigkeit der Deutung der beiderlei Fortpflanzungszellen von Bangia als Eier und Spermatozoidien zweifeln.

Die befruchteten Sporen wurden bis gegen Ende März beobachtet. Die dünnen farblosen Keimschläuche verlängerten und verzweigten sich (Fig. 13); sie erstreckten sich schliesslich bis zu halber Objectträger-Länge. Die eigentliche Spore vergrösserte sich während dieser ganzen Zeit nicht merklich, in den meisten traten aber eine oder zwei Scheidewände auf und der dunkel-purpurn gefärbte Inhalt sonderte sich in noch mehr Portionen. (Fig. 14). In der letzten Märzwoche, wo ich die Untersuchungen leider abbrechen musste, fand ich verschiedene dieser Dauersporen entleert; ob ihr plasmatischer Inhalt ausgetreten war, um in anderer Form weiter zu keimen, vermag ich nicht anzugeben. Doch scheint

es mir wenig wahrscheinlich, dass die im December gefundenen Bangia-Fäden direct aus diesen Dauersporen hervorgewachsen sein sollten (vgl. Fig. 1), die Beschaffenheit des Rhizomes lässt sich unmöglich mit der Art der Theilung in den Eisporen vereinigen. Vermuthlich geht aus den Dauersporen eine ungeschlechtliche Generation hervor, deren Vegetationsperiode in den Sommer fällt.

Immerhin bildet Bangia ein wichtiges Glied in der Reihe der geschlechtlichen Algen-Typen. Während bei Pandorina und Ulothrix Eizelle und Spermatozoid, noch kaum differenzirt, im Schwärmen sich paaren, bei Zanardinia die Eizelle nach vorausgegangenem Schwärmen erst im ruhenden Zustande empfängnissfähig wird, bei Fucus das Ei ohne zu schwärmen austritt, bei Oedogonium im Oogonium ruhend das Spermatozoid erwartet, so werden von Bangia ruhende Eier und ruhende Spermatozoidien entleert, durch deren Copulation eine Dauerspore entsteht.

Auf jeden Fall halte ich die geschlechtlichen Schwärmsporen von Zanardinia und die hier beschriebenen Fortpflanzungszellen von Bangia für analoge Gebilde; ob beweglich oder nicht, ist ein untergeordnetes Moment. Auch scheint es mir unzweifelhaft, dass unter den verschiedenen Arten von Befruchtungszellen die schwärmenden, wie Pringsheim es will, als die ursprünglichen, die unbeweglichen als abgeleitete Formen anzusehen sind.

Die unserer Bangia nächstverwandte Gattung dürfte, wie allgemein angenommen wird, Porphyra sein. Allein die bisher über Porphyra vorliegenden Mittheilungen bedürfen jedenfalls noch der eingehendsten Revision. Den von einigen Beobachtern aus ihren Untersuchungen gezogenen Schluss, dass dieser Pflanze weibliche Fortpflanzungszellen fehlten. während ihr doch keimungsunfähige, männliche zukommen, kann ich nicht als berechtigt gelten lassen. Es ist sehr gut denkbar, dass weibliche und geschlechtslose Fortpflanzungszellen äusserlich nicht unterscheidbar sind. Selbst aus dem Experimente von Rischawi[1]), der ein Stückchen Porphyra-Laubes, das ausschliesslich noch unentwickelte Sporenzellen enthielt, herausschnitt, die Sporen in reinem Meerwasser heranreifen, austreten und keimen sah, würde ich nicht blos folgern können, dass ihm geschlechtslose Propagationszellen par

[1]) Vgl. Botanischen Jahresbericht 1873, pag. 15.

excellence vorgelegen haben, sondern auch mit kaum geringerem Recht, dass die weiblichen Zellen von Porphyra auch unbefruchtet zu keimen vermögen, — eine bei den Algen gewiss nicht so gar seltene Erscheinung.

Erklärung der Figuren auf Tafel XII und XIII.

Fig. 1. Rhizom eines weiblichen Fadens von Bangia atropurpurea; optischer Durchschnitt. Vergr. 330.
Fig. 2. Ein Stück desselben Fadens, weiter oberhalb; optischer Durchschnitt. Vergr. 330.
Fig. 3. Die Spitze desselben Fadens. Vergr. 330.
Fig. 4. Ein Stück nahe der Spitze desselben Fadens; Flächenansicht. Vergr. 330.
Fig. 5a. Ein Querschnitt aus der gleichen Region eines weiblichen Fadens. Vergr. 330.
Fig. 5b. Ausgetretene Eizellen. Vergr. 330.
Fig. 6. Desgleichen, stärker vergrössert. Vergr. 680.
Fig. 7. Stück eines männlichen Fadens; optischer Durchschnitt. Vergr. 330.
Fig. 8. Stück eines männlichen Fadens, im Begriff der Auflösung in die Spermatozoid-Mutterzellen; Flächenansicht. Vergr. 330.
Fig. 9. Spermatozoiden, theilweise noch nicht getrennt. Vergr. 680.
Fig. 10. Muthmasslicher Zusammenhang zwischen Eiern und befruchtenden Spermatozoiden. Vergr. 680.
Fig. 11. Befruchtete Eier (Dauersporen). Vergr. 680.
Fig. 12. Hervortreten der Wurzelhaarartigen Keimschläuche aus den Dauersporen. Vergr. 680.
Fig. 13. Verzweigter Keimschlauch. Vergr. 330.
Fig. 14. Drei Monate alte Dauersporen; bei a der Inhalt getheilt, bei b entleerte Zellhäute. Vergr. 680.
Fig. 15. Keimpflänzchen einer kleineren Art von Bangia. Vergr. 680.
Fig. 16. Oberster Theil eines längeren Fadens derselben Art. Vergr. 680.
Fig. 17. Copieen nach Bornet-Thuret, Ann. d. sc. n. Serie V. Tome 7 Taf. 12, um die Verbindung der Florideen-Spermatozoidien mit der Trichogyne zu zeigen: a. von Ceramium decurrens, b. von Polysiphonia insidiosa.
Fig. 18. Stück eines ungeschlechtlichen Individuums von Bangia fusco-purpurea; die Sporen theilweise in Keimung. Vergr. 330.

(In der Mehrzahl der Figuren konnte die Form des Zelleninhalts nicht zur Darstellung gelangen, weil dieselben nach Glycerinpräparaten gezeichnet wurden.)

Nachschrift.

Erst nach der Ablieferung des vorstehenden Aufsatzes an die Redaction der Jahrbücher erhielt ich getrocknetes Material von Bangia fusco-purpurea, das auf Helgoland gesammelt war; da die Zellwände sehr quellbar sind, so nehmen die Fäden beim Aufweichen ein von Glycerin-Präparaten nur wenig verschiedenes Aussehen an.

In den grossen mir zur Verfügung stehenden Rasen waren Fäden der verschiedensten Altersstufe enthalten; die jüngeren derselben bestanden noch ganz aus einer Zellreihe, die durch Quertheilung sowohl der Scheitelzelle als auch der Gliederzellen (mit Ausnahme der untersten, zum Rhizom gehörigen) sich verlängerte. Die Mehrzahl der Fäden hatte aber das Aussehen der von mir oben beschriebenen weiblichen Fäden angenommen, d. h. sie waren in basipetaler Richtung vielzellig geworden; manche Fäden hatten im oberen Theile ihre Sporen bereits ausgestossen.

In zwei sehr wichtigen Stücken aber unterscheidet sich die Neapolitaner Pflanze von der Helgoländer: in den Rasen der letzteren fehlten gänzlich die männlichen, Spermatozoiden erzeugenden Fäden, und die ausgestreuten Sporen wuchsen direct zu neuen Bangia-Fäden heran. Nicht blos auf anderen, den Bangia-Rasen beigemengten Algen zeigten sich zahlreiche Keimpflänzchen, sondern in manchen Exemplaren hatte die Keimung der Sporen bereits begonnen, ohne dass sie die Cellulose-Hüllen des mütterlichen Individuums verlassen hätten (vgl. Fig. 18).

Es ist unzweifelhaft, dass die Helgoländer Pflanze die ungeschlechtliche Form von B. fusco-purpurea darstellt. Dieselbe ist, wenigstens in den mir vorliegenden Exemplaren, von der weiblichen Form äusserlich nicht zu unterscheiden, nur bedeutend dicker sind die neutralen Fäden. Die geschlechtslosen Sporen stimmen in der Art der Bildung und Ausstossung mit den Eizellen überein; sie vermögen aber ohne die Einwirkung von Spermatozoidien zu keimen und entwickeln sich mit Eintritt in die Keimung sogleich zu einer Zellreihe, während aus den befruchteten Eizellen runde Dauersporen werden, die einige farblose Wurzelhaare treiben und eine, wenigstens drei Monate währende, Ruheperiode durchmachen, bevor sie sich weiter entwickeln.

Ich vermuthe, dass nach Ablauf dieser Ruheperiode der inzwischen in mehre Portionen gesonderte Inhalt aus der Dauerspore austritt und aus jeder Plasma-Portion sich ein ungeschlechtlicher Bangia-Faden entwickelt. Aus den Sporen des letzteren dürfte dann direct oder nach beliebiger Wiederholung der ungeschlechtlichen Generation die geschlechtliche hervorgehen.

Mittlerweile habe ich auch Gelegenheit gefunden, die Entwicklung der neutralen Sporen von Bangia atro-purpurea Ag. zu beobachten. Dieselben werden wie die Eier von B. fusco-purpurea ausgestossen und zeigen dann eine Zeitlang dieselbe amöboide Bewegung, wie sie von Janczewski[1]) für die Sporen von Porphyra beschrieben wurde; bald aber wachsen sie zu einem gewöhnlichen Bangia-Faden heran.

Was die systematische Stellung der Bangiaceen anlangt, so glaube ich, an der bisherigen Annahme festhalten zu können, dieselben als das Basalstück des grossen Stammbaums der Florideen zu betrachten, mit welchen sie ja auch den Farbstoff theilen; eine Annahme, die noch besonders unterstützt wird durch den glücklichen Gedanken von Pringsheim[2]), das Trichogynehaar der Florideen dem Empfängnissfleck der Gonosphaeren anderer Algen gleich zu setzen. Damit wird die in mehre Portionen sich theilende Dauerspore von Bangia homolog dem Gymnocarpium der Florideen: ob die Loslösung von der Mutterpflanze vor oder nach der Befruchtung erfolgt, scheint mir dabei weniger wesentlich zu sein.

---

[1]) Ann. d. sc. nat. 1873. p. 241.

[2]) Ueber den Generationswechsel der Thallophyten etc. Vgl. den laufenden Band dieser Jahrbücher pag. 21.

Beobachtungen über einige neue Saprolegnieae, über die Parasiten in Desmidienzellen und über die Stachelkugeln in Achlyaschläuchen.

Von

P. F. Reinsch.

(Mit Taf. XIV, XV, XVI, XVII.)

Im Laufe dieses Sommers fand ich bei meinen Untersuchungen über die Süsswasser-Algen eine Reihe neuer auf faulenden Pflanzentheilen wachsender Formen dieser so schönen und lehrreichen Pflanzengruppe über die ich mir erlaube, hier zu berichten. Zumeist wurden dieselben nur während der Dauer einzelner auf einanderfolgender Lebensmomente, aber doch im Fructificationszustande beobachtet und untersucht. Durch die Untersuchungen von Al. Braun, Pringsheim, de Bary und Leitgeb sind die biologischen Verhältnisse der bekannten Genera der Saprolegnieae indess soweit im Allgemeinen aufgehellt, dass auf eine eingehende Untersuchung dieser Verhältnisse irgend einer neuen einem der bekannten Genera sich anreihenden Form verzichtet und dass über deren Beziehung sofort entschieden werden kann. Ich kann nur die Darstellung derjenigen Zustände geben, in welchen die Pflanzen in der Natur wiederholt von einem und demselben Standorte getammelt worden sind; es ist aber zu erwarten, dass die nähere Kenntniss in der Entwickelung und der Fructification der neuen Saprolegnien-Genera durch eingehendere Untersuchungen erweitert werden möchte [1]).

---

[1]) Ich erlaube mir zu bemerken, dass ich von allen von mir neuentdeckten Algenspecies jeweilig eine Anzahl mikroskopischer Präparate von den lebenden Pflanzen anzufertigen gewohnt bin. Ich bin sehr gerne bereit sehr gute Specimina aller der hier mitgetheilten Saprolegnieae gegen andere Saprolegnienspecimina zu geben, ebenso auch sehr schöne Chlorophyll- und Phycochrom-Algen specimina.

Achlya Braunii Sp. n.

Diese sehr ansehnliche prächtige Saprolegnie, im Mai dieses Jahres entdeckt und noch im Juni gesammelt, wächst in beschatteten (im Spätsommer leider immer austrocknenden) Waldgräben mit frischem, klarem Wasser auf lange im Wasser liegenden Stengeln des Viscum album. Sie bildet 10—15 mm. lange, dicht büschliche Räschen von weisslicher Farbe, an manchen Stellen die Viscumstengel mit einem dichten pelzartigen Ueberzuge umkleidend; die sehr ansehnlichen überaus zahlreichen Oogonien, mit unbewaffnetem Auge schon als weiss gefärbte, längliche Körperchen erkennbar, sind an der Spitze der Schläuche gehäuft; sie ist die grösste bis jetzt bekannte Saprolegnie. Die glashellen, mehr oder weniger verästelten Schläuche mit ziemlich homogenem Inhalte haben eine Dicke von 0,0168—0,0224 mm., am unteren Ende von 0,0278 mm., das unterste im Substrate festsitzende Ende läuft in eine grosse Zahl vielfach verästelter Würzelchen aus, welche in dem lockeren verfaulten Rindenparenchym der Viscum sich umher breiten [1]). Die Schlauchwandung besitzt überall gleiche Dicke; sie zeigt sich nur gegen die Basis der Fäden hin schwach verdickt und undeutlich geschichtet. Der Inhalt bei der Mehrzahl der Aeste ist von dem Schlauchinhalte durch eine deutliche Querwand gesondert, was besonders bei den Spitzenenden der Fall ist. Diese letzteren bilden sich nicht immer in Sporangien um; ihre Form ist in diesem Falle verlängert zugespitzt und ihr Inhalt ein dicht feinkörniges Plasma. In manchen Fällen gestalten sich die unter den endständigen Oogonien abgehenden Nebenzweige des Schlauches, ja selbst die unmittelbar unter den Oogonien oder aus der Wand des Oogoniums selbst hervorsprossenden Aestchen in solche verlängerte sterile Zweige um. Die

[1]) Ich bemerke, dass die meisten Pflänzchen zur Zeit, als ich die Pflanze im Monate Mai auffand mit einer üppigen Vegetation von verschiedenen Chlorophyllalgen bedeckt waren. Von den auf den Schläuchen festgewachsenen Pflänzchen bemerke ich: Microthamnium strictissimum, zwei unentwickelte Characium species, das Limnodictyon Roemerianum in meist aufgelösten Zellfamilien. Mehrere der büschlichen Microthamniumpflänzchen enthielten bereits Zoosporen entwickelnde Aestchen. Hieraus geht hervor, dass die Achlya-Schläuche ziemlich entwickelt waren, als die Chlorophyllalgen begonnen sich zu entwickeln oder auch, dass die Achlya-Schläuche in ihrer Entwickelung durch die Ansiedelung der letzteren nicht gehemmt worden sind.

Sporangien werdenden Aestchen behalten eine mehr verkürzte, am Ende nicht oder unmerklich verdünnte Form. Im entleerten Zustande verschwindet das „innere Zellennetz“, welches nach Austritt der Zoosporen übrig bleibt, sehr rasch, so dass man nur in seltenen Fällen entleerte Sporangien mit „innerem Zellennetze“ beobachtet.

Die überaus grossen Oogonien bilden sich zumeist auf der Spitze, seltener einfacher gewöhnlich verzweigter Schläuche, einzeln zu zwei oder 3 oder 4 in einer Reihe liegend, unmittelbar aus dem Schlauchinhalte. Bestimmte Partien des Schlauchinhaltes sondern sich durch Bildung einer Querwand (am Ende des Schlauches) oder zweier Querwände (in der Mitte des Schlauches) und wachsen zu selbstständigen von der Schlauchwandung umschlossenen Tochterzellen heran, welche im Jugendzustande, vor Eintritt der Sonderung des Plasmas in Haufen wenig dicker als der Schlauch selbst sind.

Nicht selten werden die Oogoniumzellen auch in der Mitte der Schläuche gebildet; das obere Ende des Schlauches bleibt dann steril oder entwickelt sich zu Sporangien oder männlichen Zellen? (Taf. XIV. Fig. 2.)

Die innere Entwickelung der Oogonien bis zur vollständigen Ausbildung der Oosporen stimmt genau mit der von Pringsheim ausführlich beschriebenen der Saprolegnia monoica[1]) überein. Die ziemlich dicke Membran der Oogonien zeigt sich schon sehr frühzeitig, z. Th. noch vor Sonderung der Inhaltsmasse der Zelle in einzelne Haufen und noch vor Entwickelung der Antheridien an einzelnen Stellen von dem plasmatischen Wandbelege frei. Die Anzahl der reifen Oosporen mit ziemlich dicker schwach gefärbter Membran ist in einem Oogonium 10—35, selten findet man auch Oogonien (insbesondere die auf der Spitze kleiner Seitenzweige des Schlauches befindlichen) mit weniger Sporen (Taf. I. Fig. 4. 6.)

Die Länge der reifen Oogonien ist 0,1225—0,157 mm., die Breite 0,066—0,089 mm., der Durchmesser der Oosporen 0,0224 bis 0,0278 mm.

Die Antheridien entwickeln sich aus dem unterhalb des Oogonium befindlichen Schlauchtheile oder bei mehreren auf einander folgenden Oogonien aus je dem nächsten unterhalb gelegenen Oogonium

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot. I. pag. 294. ff. Taf. XIX. XX.

selbst (Taf. XIV. Fig. 2. 4. 6.). Die Antheridien sind sehr dünn und zart; ihre Länge erreicht gewöhnlich den Längendurchmesser des Oogoniums, während die Dicke nur 1/10—1/12 des Durchmessers des Oogoniums beträgt; sie sind meistens in der Mitte oder noch unter der Mitte verästelt, an das Oogonium dicht angeschmiegt oder auch abstehend und an der Stelle der Vereinigung mit dem Oogonium wenig keulig verbreitert. Das Einwachsen der Antheridium-Enden durch die Löcher der Oogoniumwandung in das Innere des Oogoniums ist wegen der Zartheit der einwachsenden Aestchen und der Gedrängtheit der Oosporen nur schwierig zu beobachten. Man findet auch selten Oogonien mit vollkommen entwickelten Sporen, jedoch ganz ohne männliche Aestchen. (Taf. XIV. Fig. 1. 3.) In nicht seltenen Fällen gestaltet sich das freie Ende der Antheridiumfäden in einer eigenthümlichen Weise um. Das nicht mit der Oogoniumwand verwachsende Ende schwillt keulig an. Dieses wächst nach Bildung einer Querwand zu einer ansehnlichen, die Breite des Antheridiumfadens um das 6—8fache im Querdurchmesser dickeren Tochterzelle heran und gestaltet sich zu einem Oogonium. In dieser aus einem Antheridium entstandenen weiblichen Zelle bildeu sich normal gebildete Oosporen, wenn aus dem Antheridiumfaden sich neue Antheridiumfäden entwickeln (Taf. XIV. Fig. 6 a.); es unterbleibt aber auch die Oosporenbildung und der Inhalt des Oogoniums erscheint dann entweder gleichförmig dicht granulös (Taf. XIV. Fig. 4 a.) oder in eine grosse Zahl grösserer sphärischer Körnchen (Tochterzellchen?) gesondert (Taf. XIV. Fig. 6 b.). An diesen letzteren Oogonien[1]) bemerkt man an der Oberfläche der Wandung mehrere hervorstehende Wärzchen, welches Anfänge zu einer abermaligen Antheridienbildung zu sein scheinen oder vielmehr das Analogon der „Copulationswarzen“ einiger Achlyen darstellen. Androsporen erzeugende Schläuche finden sich nicht sehr zahlreich bei dieser Species, wenigstens nicht gleichzeitig mit der Entwickelung der Oosporen. Diese befinden sich am Ende der Fäden (Taf. XIV. Fig. 5.). Obwohl ich das Austreten der in dem Schlauchende dicht gedrängten Zellchen nicht direkt beobachtet habe, so unterliegt es doch keinem Zweifel, dass dieselben das Analogon der von Pringsheim bei einer Saprolegnia species beschriebenen

[1]) Eine Bildung ähnlicher Art ist schon von Leitgeb bei Diplanes (Jahrb. f. w. Bot. VII. Taf. XXIV. Fig. 13. p. 389.) beobachtet und abgebildet worden.

Gebilde sind, welche in der innern Structur vollkommen genau mit diesen Schläuchen übereinstimmen.[1])

Die theilweise entleerten Schläuche zeigen das für diese Gebilde so charakteristische „fädige Mutterzellennetz", welches nach dem Austritte der Sporen im Innern der Zelle zurückbleibt und welches noch vor Aufklärung der wahren Natur dieser Gebilde schon von Meyen und Kützing beobachtet worden war. Diese Sporangien finden sich häufiger an den steril gebliebenen Schläuchen, d. h. solchen, welche keine Oogonien entwickelt haben, bisweilen aber auch auf den Oogonien tragenden Schläuchen, bei diesen jedoch gewöhnlich am Ende desselben Oogonien tragenden Astes (Taf. XIV. Fig. 2.). Bei der Mehrzahl der entleerten Sporangien ist das „innere Zellennetz" verschwunden, was andeutet, dass dasselbe bald nach Austritt der Sporen resorbirt wird. Nur Sporangien entwickelnde Pflänzchen zeigen gewöhnlich eine symmetrische Anordnung der Zweige am Ende des Schlauches. Man findet bei Schläuchen, bei denen die Entwickelung und Entleerung der Sporangien schon vor sich gegangen ist, je zwei entleerte Sporangien meistens alternirend, bisweilen auch gegenständig, an dem an der Spitze noch fortwachsenden Schlauche, an den Ursprungsstellen am Schlauche durch regelmässige Querwände gesondert (Taf. XIV. Fig. 9. α_1 α_2 α_3 α_4). Das Ende des Schlauches zeigt sich häufig noch mit homogenem körnigem Plasma gefüllt, bisweilen auch noch einzelne Seitenzweige unterhalb der Spitze. Dies ist der häufigere Fall der Stellung und Entwickelung der Sporangien. In selteneren Fällen entwickelt sich aus dem Ende eines Schlauches ein einziges Sporangium (Taf. XIV. Fig. 5). Auch bei den Pflänzchen mit verlängerten und verdünnten Endzweigen, bei welchen weder entleerte Sporangien noch Oogonien sich finden, bemerkt man eine alternirende Stellung der Endzweige (Taf. XIV. Fig. 10.).

An diese Achlya knüpfe ich noch einige Beobachtungen über eine andere Achlya, welche ich in diesem Sommer auf faulenden vorjährigen im Teichwasser schwimmenden Rhizomen der Nymphaea alba in überaus grosser Menge aufgefunden habe. Sie bildet 8—10 mm. hohe dicht büschliche Räschen, welche fest auf dem Substrate

[1]) Pringsheim, Jahrb. II, pag. 235. Taf. XXII, Fig. 7 und 8.

aufsitzen. Durch Lockern eines losgelösten Räschens in Wasser lassen sich die einzelnen Pflänzchen isoliren und man bemerkt, dass die Würzelchen in dem lockern amylumreichen Gewebe der Nymphaea sich tief umherbreiten; es gelingt leicht, das verzweigte Wurzelsytem einzelner Pflänzchen vollständig von den anklebenden Nymphaeazellen freizulegen[1]). Man findet zweierlei Arten von Pflänzchen: Nicht verzweigte, selten einen dünnen Seitenzweig tragende Oogonien entwickelnde und verzweigte Sporangien entwickelnde. Die nicht verzweigten sind bis zur Spitze hin mit kurz gestielten Oogonien bedeckt, welche in der eigenthümlichen tiefen Färbung der nicht durchlöcherten Membran, in der Grösse und Anzahl der Oosporen, in der Länge, Stellung und Anzahl der Antheridien vollkommen genau mit der von Hildebrand beschriebenen Achlya racemosa[2]) übereinstimmen. Die Sporangien entwickelnden, gewöhnlich stark verzweigten Pflänzchen finden sich den Oosporen entwickelnden eingemischt. Sie sind länger und dicker wie die andern; gegen die Spitze zu geht der Hauptfaden in eine grosse Zahl durch Querwände nicht geschlossener verlängerter dünner an der Basis schwach verjüngter Aeste über, aus welchen sich die Sporangien entwickeln. Die letzteren entwickeln sich sowohl aus den Spitzen der Aeste wie auch unterhalb der Spitze durch seitliche Sprossung; man findet jedoch nie paarig entwickelte Sporangien. Eine bemerkenswerthe Eigentkümlichkeit zeigen bisweilen einzelne Oogonien. Es bilden sich auf der Oogoniumwand verlängerte, mit dem Innenraume in Zusammenhang stehende Warzen, deren Membran an der Spitze dünner ist und schwächer gefärbt erscheint, als an den Seitenwänden (Taf. XIV. Fig. 12.). Nachdem die Bedeutung dieser bei einigen Saprolegnien theils konstant, theils unkonstant sich findenden Gebilde

[1]) Ich bemerke, dass auch bei dieser Achlya die meisten Pflänzchen mit einer überaus üppigen parasitischen Algenvegetation, bestehend aus Chlorophyll-Algen und einer Phykochrom-Alge bedeckt waren. Die auf den Fäden festgewachsenen Chlorophyll-Algen sind: Characium angustum, Sieboldi und strictum Al. Br., eine in meinen Contributiones pag. 76. Tab. 4. (Chlorophyll.) beschriebene und abgebildete mit Limnodictyon verwandte Pflanze, welche ich später Choreoclonium genannt habe, Stigeoclonium flagelliferum. Kütz. forma mit noch einigem Andern, aber besonders zahlreich eine schöne Form des Hapalosiphon Brauni mit dicht stehenden aufrechten kurzen Aesten und mit geradem an dem Achlya-Schlauch dicht anliegenden niederliegenden Hauptstengel.

[2]) Pringsheim, Jahrb. VI. pag. 249, Tafel XV.

durch Pringsheim nachgewiesen ist[1]), so ist kein Zweifel an der morphologischen Identität der Warzen dieser Saprolegnie, welche dem Formenkreise der Achlya racemosa Hildebr. angehört. An der oben beschriebenen morphologisch so lehrreichen Achlya Braunii beobachtete ich in zwei Fällen aus Antheridien entwickelte Oogonien, bei denen Oosporenbildung unterblieb, bei denen aber aus der Oogoniumwand eine Anzahl von Wärzchen hervorsprosste (Taf. XIV. Fig. 6 b.), die man zweifellos als das Analogon der Bildung von „Copulationswarzen" zu halten hat. Bei der von W. Ascher beschriebenen Achlya cornuta[2]) sind die an der Oogoniumwand entwickelten Warzen ein specifisches Merkmal, was bei anderen Saprolegnien (wie bei dieser Form der Achlya racemosa) nicht als specifisch gelten kann, bei anderen (wie bei Achlya Braunii) aber als abnormer Bildungsprocess aufzufassen ist.

Naegelia Gen. nov.

Das Charakteristische dieser zierlich gebauten neuen Saprolegnie besteht in dem regelmässigen Aufbau und in der regelmässig quirligen Anordnung eigenthümlich beschaffener Reproduktionsorgane, deren Bedeutung jedoch nach den jetzigen Beobachtungen noch nicht sicher ermittelt worden ist. Diese Saprolegnie findet sich vergesellschaftet mit einer Saprolegnia Spec. und mit Achlya Braunii auf faulenden Viscumstengeln in beschatteten Waldgräben.

Die Thallusfäden sind gegliedert; sie bestehen aus langcylindrischen, an ihren Enden plötzlich verjüngten und durch kurze Zwischengliedchen mit einander verbundenen Segmenten (Taf. XV. Fig. 1. 2.). Die einzelnen Segmente sind jedoch durch Querwände nicht von einander gesondert; es stehen dadurch die Lumina der einzelnen Segmente des vielfach gegliederten Thallus dieser Pflanze unter einander in Connex. An den Gliederungsstellen erscheinen die Zellwände, unmerklich verdünnt, einen überaus schmalen hyalinen cylindrischen Canal umschliessend, welcher frei von körnigen Bildungen ist; diese Verhältnisse treten nach Behandlung von Schwefelsäure und Jod deutlich hervor.

[1]) Pringsheim Jahrb. IX. p. 209 ff.

[2]) Quarterly Journ. of Microsc. science. VII. Tab. VII, Fig. 2—6.

Die von allen übrigen Saprolegnien so abweichenden Reproduktionsorgane haben in der Jugend und im noch nicht geöffneten und entleerten Zustande eine eiförmig-elliptische bis elliptisch-cylindrische Gestalt. Sie befinden sich in wirteliger Anordnung auf kurzen plötzlich verdünnten Stielchen, deren Länge $\frac{1}{5}$ der Länge des Organs ist. Die Stielchen dieser Organe scheinen dagegen mit fester Materie erfüllt zu sein; jedoch kann dieses mittelst Reagentien nicht sicher ermittelt werden.

Der Inhalt dieser ganz gleichgestalteten, jedoch später ganz ungleichwerthig erscheinenden Organe ist in deren Jugendzeit dicht feinkörnig, später wird er dichter und körnig und bildet sich in verschiedener Weise um. In einigen dieser Organe bildet sich eine grosse Zahl ellipsoidischer Zellchen von 0,0056 mm. Länge, welche an der Spitze des Organes durch eine kurz vorhergebildete schmalcylindrische Oeffnung ins Freie gelangen (Taf. XV. Fig. 6. *a*. Fig. 3. nicht geöffnet.) — Bei anderen entwickelt sich im Innern eine kleinere Zahl (4—9) grösserer sphärischer Zellen, welche im ausgebildeten Zustande mit einer dickeren schwach gefärbten Membran umkleidet sind und alsdann einen Durchmesser von 0,0112—0,0168 mm. besitzen (Taf. XV. Fig. 4). Bei der Mehrzahl dieser Organe, welche diese grossen Zellen entwickeln, zeigt sich am obersten Ende noch vor Bildung der dicken Membran der kugeligen Zellen eine kleine kreisrunde Oeffnung[1]).

Eine andere verwandte Form mit derselben Art von Reproduktions-Organen ausgestattet, fand ich schon im vorigen Jahre anderen einzelligen Chlorophyll-Algen eingemischt. Diese ist in allen Theilen kleiner und meistens nur aus zwei (seltener drei) Stengelsegmenten zusammengesetzt. Die am Ende verjüngten Glieder sind kürzer und entwickeln am Ende ganz ähnlich beschaffene Organe, deren Stielchen jedoch im Verhältnisse zur Länge des Organes ein wenig länger und

[1]) Obwohl ich ein Eindringen anderer Zellen von aussen in die sphärische Zellen hervorbringenden Organe wahrgenommen habe, so ist doch zu vermuthen, dass diese im Connex stehen mit den beweglichen Zellchen, welche in den anderen Organen gebildet worden, worauf auch die in der Spitze des Organes gebildete Oeffnung hinzuweisen scheint. — In zwei Fällen habe ich an schon getödeten Exemplaren im Präparate an je einer der sphärischen Zellen, deren Inhalt fein granulös war wie bei den noch nicht mit einer dicken Membran umhüllten Zellen, je ein kleines Zellchen aufsitzend wahrgenommen.

dünner ist (Taf. XV. Fig. 7. 8. 9.). Die Anzahl dieser Organe ist geringer als bei der vorigen Form, und fast regelmässig finden sich neben Organen von grösserem Umfange kleinere ellipsoidische länger gestielte Gebilde unterhalb oder neben den grösseren (Taf. XV. Fig. 7. *α*. 8. *α*.). Auch bei dieser Form fand ich den grösseren Theil der Organe zur Zeit, als ich die Pflanze auffand und wiederholt sammelte (Spätsommer), an der Spitze durch eine kurz cylindrische Apertur geöffnet und entleert (Taf. XV. Fig. 9. 10. 11.).

Blastocladia. Gen. nov.[1])

Von allen Saprolegnien durch die sehr breiten dickwandigen Schläuche mit an der Spitze quirlig stehenden Aesten, durch den Bau der Oospore, insbesondene aber durch die eigenthümliche von allen bis jetzt bekannten Saprolegnien ganz abweichende Spitzenentwickelung der Schläuche ausgezeichnet.

Bl. Pringsheimi. Das Pflänzchen bildet sich auf im Wasser liegenden faulen Aepfeln und stellt bis 3 mm. im Durchmesser haltende halbkugelige Räschen dar, welche aus sehr dicht gedrängt stehenden, am Grunde durch zahlreiche in das Substrat eindringende Würzelchen verbundenen Schläuchen zusammengesetzt sind. Der unterste Theil der Pflänzchen bildet eine cylindrische, nach unten schwach verjüngte Röhre, am untersten Ende in sehr zahlreiche verästelte Würzelchen auslaufend, am oberen Ende eine unbestimmte Anzahl meist regelmässig wirtelig stehender fertiler Aeste tragend. Die einzelnen Aeste der grösseren Pflänzchen tragen nochmals einen Wirtel von Aesten. Das ganze System von Aesten stellt im Innern mit dem cylindrischen Basalstück und den Wurzelästen einen continuirlichen an den Ursprungsstellen der Aeste durch Querwände nicht unterbrochenen Hohlraum dar, ganz ähnlich wie bei den verzweigten Vaucherien Caulerpa, Bryopsis, Codium (Taf. XVI Fig. 1, 2.) einwirtelige Pflänzchen).

Die ganz eigenthümliche Spitzenentwickelung der Aeste dieser Pflanze geht nun in folgender Weise vor sich. In den schwach verdickten Schlauchenden bildet sich in dem sehr dicht gehäuften feinkörnigen und undurchsichtigen Plasma eine unbestimmte Anzahl

1) *ὁ βλαστὸς* Trieb, Spross *ὁ κλάδος* Zweig.

kleiner sphärischer Zellen mit scharf umgrenzter Membran und — wie es scheint — sehr feinkörnigem Plasma (Taf. XVI. Fig. 6γ. Fig. 12γ. Fig. 14γ.). Diese Zellchen legen sich an die innere Schlauchwandung an (Taf. XVI. Fig. 3α.) durchbrechen — von der Berührungsstelle mit der Schlauchwandung aus wachsend — die Membran des Schlauches und kommen auf der Aussenseite der Schlauchwandung als kleine Höckerchen zum Vorschein (Fig. 5 α. α. Fig. 7 α. α. Fig. 12 α.). Diese Höckerchen bilden die Anfänge der zweierlei Arten von Sprossen, welche von den Schlauchenden ihren Ursprung nehmen. Bis zu einer gewissen Stufe der Entwickelung dieser Sprosse lassen sich Unterschiede weder in der Form noch im Zellinhalte und im Bau der Zellmembran erkennen. Es machen sich jedoch bald Unterschiede verschiedenartiger Entwickelung der Sprösschen bemerkbar. Die einen strecken sich vorwiegend in die Länge und werden zu bewegliche Sporen entwickelnden Organen (Sporangien) (Fig. 1. β. β.); diese Organe öffnen sich später an der Spitze (Fig. 11.); die andern wachsen mehr in die Breite und werden zu Organen, deren Bedeutung ich noch nicht erkannt habe, die ich aber einstweilen als das Analogon des Oogoniums halte (Fig. 1. α. α., Fig. 13. β.) Im Baue der beiderlei Organe tritt von einer gewissen Stufe an eine sehr beträchtliche Verschiedenheit ein. Die Membran der in die Länge sich streckenden Organe bleibt unverändert; der anfangs feinkörnige Inhalt wandelt sich in ein undurchsichtiges, gröblich-körniges Plasma um, aus welchem sich später eine überaus grosse Zahl sphärischer Zellchen entwickelt (Fig. 8.). Diese Organe öffnen sich später an der Spitze. Die Membran der in die Breite wachsenden Organe wird von einem gewissen Momente an punktirt und verdickt sich; der Zelleninhalt — soweit sich dies durch die dicke engpunktirte Membran erkennen lässt — wird nicht körnig und bildet ein mehr gleichförmiges Plasma. Von einem gewissen Momente an sondert sich sowohl bei den Sporangien wie bei den Oogonien der Inhalt vom Inhalte des Schlauches durch Bildung einer Querwand. In der Membran dieser als Sporangien gedeuteten Organe vermochte ich weder im Anfange ihrer Bildung noch zuletzt, wenn dieselben sehr leicht von dem Schlauchende abfallen, irgend eine Oeffnung wahrzunehmen. Eine dritte Art von Sprossen bildet lange, dünne, fädige Körper mit sehr zarter Membran und hellem Inhalte mit ein-

zelnen Körnchen, deren Bedeutung mir ganz unklar ist (Taf. XVI. Fig. 4. *a. a.*). — Die einzelnen Aeste dieser Saprolegnie entwickeln sowohl Oogonien wie Sporangien, ohne dass jedoch eine bestimmte Reihenfolge oder eine bestimmte Anordnung der beiderlei Organe erkennbar wäre; einzelne Aeste entwickeln jedoch auch nur ausschliesslich Oogonien (Taf. XVI. Fig. 9.); einzelne nur Sporangien (Fig. 11. entleert). Auch werden einzelne Pflänzchen gefunden, welche nur Sporangien entwickeln.

Dass die Entwickelung der wirteligen Aeste dieser Saprolegnie in derselben Weise vor sich gehe wie die Entwickelung der Reproduktionsorgane, nemlich durch Auswachsen einzelner freier im Innenraum des oberen anfänglich einfachen Schlauchendes, jedoch mit Unterbleibung von Querwandbildung, erscheint sehr wahrscheinlich, da die Tendenz zur Wirtelbildung in der Anordnung der Geschlechtsorgane bei den meisten Pflänzchen mehr oder minder deutlich sich ausprägt. In der Entwickelung der letzteren sehen wir bei dieser Saprolegnie das Analogon bei Sciadium Arbuscula Al. Braun; bei dieser Protococcacee wird erst die zweite oder dritte Generation der in der ersten festsitzenden Zelle entwickelten durch Ausschwärmen am freien Zellende freiwerdenden Tochterzellen zu fortpflanzungsfähigen Zellen; auch hier ist die Tendenz zur Wirtelbildung sehr bestimmt ausgeprägt, wie wir bei der Anordnung der ausschwärmenden Tochterzellen zur Bildung des Coenobiums wahrnehmen.

Saprolegnia siliquaeformis Spec.

Diese sowohl durch die Gliederung des Thallusfadens wie durch die Form und Grösse der Sporangien sehr charakteristische Saprolegnie findet sich zwischen den halbkugelichen Räschen der Blastocladia Pringsheimi. Es wurden jedoch nur Sporangien entwickelnde Pflänzchen beobachtet, woraus sich ergiebt, dass die Oogonien entweder zu einer anderen Zeit oder auf besonderen Pflänzchen entwickelt werden. Der Thallusfaden besteht aus einer unbestimmten Anzahl verästelter Stränge, welche aus kettenartig zusammenhängenden Segmenten zusammengesetzt sind. Die Segmente haben eine Länge von 0,0224—0,0278 mm., deren Querdurchmesser wenig kürzer als der Längendurchmesser oder gleich demselben ist; an den plötzlich verjüngten Enden stehen dieselben durch kurze Verbin-

dungsglieder mit einander in Verbindung, welche, wie bei der Naegelia, im Innern ohne Querwände sind. Der Inhalt sämmtlicher Segmente besteht aus körnigem Plasma, welches gegen die Verbindungsglieder hin verschwindet; der körnige Inhalt der Segmente des obersten Theiles des Fadens steht dagegen meistens mit dem Inhalte der noch nicht entleerten Sporangien im Zusammenhang.

Die am Ende der Aestchen sich entwickelnden schotenförmigen, gegen die Spitze zu sich plötzlich verjüngenden Sporangien sind im Verhältnisse zu der Breite des Thallusfadens unverhältnissmässig gross; ihre Länge übertrifft die Länge eines Segmentes um das 5- bis 8fache, die Breite um das 2—4fache. Die entwickelten Sporangien sind an der Spitze immer geöffnet und im Innern finden sich gewöhnlich mehrere entleerte ineinandersteckende Sporangien; das innerste unterste ist, wenn nicht an der Spitze geöffnet, in einen spitz zulaufenden, mehr oder minder verlängerten Hals vorgezogen. Die Länge eines entwickelten Sporangiums ist 0,112 – 0,139 mm., die Breite 0,0224—0,0278 mm. (Taf. XV. Fig. 12.). In seltenen Fällen entwickeln sich im Innern des Sporangiumschlauches neue Sporangien seitlich an der Spitze des noch nicht entleerten Schlauchendes, welches sich zum Sporangium umgestaltet (Taf. XV. Fig. 13.).

Diese Species würde mit der Saprolegnia lactea eine eigene Sippe der Gattung Saprolegnia bilden, welche sich durch den regelmässig gegliederten Thallusfaden von den andern Species unterscheidet, während die Gattung Naegelia wegen der sowohl vom Achlya- als auch Saprolegniatypus ganz abweichenden Bildung der Sporangien — und wahrscheinlich auch der Oogonien als besonderen gleichgestalteten, aber ungleichwerthigen Conceptacula — eine ganz isolirte Stellung in der Familie der Saprolegnieae einnimmt.

Saprolegnia Spec. (I).

In sehr vereinzelten Pflänzchen findet sich in den Räschen der Blastocladia Pringsheimii, während ich diese einige Zeit im Zimmer kultivirt hatte, eine zweite Saprolegnia, welche wie die vorige, auch ohne Oogonien, aber auch mit Androsporen erzeugenden Sporangien beobachtet worden ist.

Die dünnen aufrechten, zwischen den derbhäutigen Schläuchen der Blastocladia schwer zu erkennenden zarten Thallusfäden sind an

der Spitze wenig verdickt und gehen in eine Anzahl symmetrisch oder unsymmetrisch stehender verdünnter Aestchen über, welche die Sporangien tragen. Der Inhalt der Schläuche und der Aestchen ist sehr fein granulös. Die Sporangien sind im Verhältnisse des Fadens sehr gross, mehr als das Doppelte breiter als der Thallusfaden, gegen die Spitze und Basis schwach verjüngt. Im Innern der entleerten Sporangien befindet sich gewöhnlich noch ein entleerter Sporangiumschlauch eingeschlossen. (Taf. XVII. Fig. 13.)

Saprolegnia Spec. (2).

Diese Saprolegnia findet sich vergesellschaftet mit der Achlya Braunii und der Naegelia auf faulenden Viscumstengeln an dem nemlichen Standorte. Die Pflänzchen sind durchwachsen und zum Theil dicht verwebt mit der Naegelia. In den Räschen lassen sich jedoch die Fäden der Achlya und dieser Saprolechnia durch die verschiedene Dicke und die ganz verschiedene Struktur der Schlauchwandung leicht von einander unterscheiden.

Die Fäden dieser Saprolegnia sind ziemlich unverästelt, sehr lang und etwas steifer als die Achlyafäden. Hin und wieder zeigen sich an den Fäden Nebenzweige, deren Bildung in ganz anderer Weise wie bei dieser Achlya vor sich geht. Im Baue der Schlauchwandung tritt ein ganz besonderer Unterschied von Achlya ein, ebenso auch in der Art der Entwickelung der Schlauchzweige und der Oogonien. Der Schlauchinhalt zeigt sich in eine besondere, von der äusseren (der Primärmembran) umschlossene und durch unregelmässige leere (bisweilen körniges Plasma einschliessende) Zwischenräume getrennte Membran eingehüllt. Der wachsende Schlauchinhalt durchbricht, von dieser inneren Membran enge eingeschlossen, sowohl seitlich, bei der Bildung von Seitenzweigen und Oogonien, wie an der Schlauchspitze zur Bildung von Sporangien die äussere Membran. So ergiebt sich dann für die letzteren eine Folge in einander steckender entleerter durch Durchwachsung der Vegetationsspitze des Schlauches entstandener Röhren.

Bei der Bildung von Seitenzweigen bemerkt man, dass ein Theil des an einer Stelle stärker angehäuften Plasmas, von der innern Schlauchwandung umschlossen, die äussere Schlauchwandung durchbricht; die nach aussen getriebene zapfenförmige Prominenz in un-

unterbrochenem Zusammenhange mit dem Schlauchinhalte drängt hierauf die Ränder der äusseren Schlauchwandung allmählig zur Seite und bildet sich zum Seitenzweige um, indem die Membran der Prominenz nach Neubildung einer innern Membran zu der äussern Hülle wird, die Trennung durch Querwandbildung vom Schlauchinhalte unterbleibt jedoch. Die Ränder der äusseren Schlauchwandung umschliessen den entwickelten Zweig, an dessen Ursprungsstelle sehr enge; bisweilen findet man auch Fäden mit abnormer Astbildung, dadurch entstanden, dass die innere Schlauchwandung eingerissen ist und der entwickelte Seitenzweig sich in die Höhe richtete, wodurch die Astbildung den Anschein einer Gabelung annimmt.

Die genau sphärischen Oogonien entwickeln sich ohne bestimmte Reihenfolge auf kurzen Stielchen, deren Länge konstant $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ des Durchmessers des Oogoniums erreicht. Die Oogonienwandung ist im Jugendzustande farblos, später — zur Zeit der Oosporenreife — verdickt sie sich und erlangt eine schwach röthliche Färbung; die in ihr befindlichen Löcher sind sehr deutlich und am Rande des Oogoniums durch die zwei scharf gesonderten Schichten der Wandung hindurch sichtbar.

Die Antheridien entspringen konstant nur an den Oogoniumstielen. Das obere Ende erstreckt sich nur in seltenen Fällen über die Mitte der äusseren Fläche des Oogoniums (Fig. 8.), es schwillt etwas ungleichförmig an und legt sich mit breiter Fläche an die Oogonienwand an. Die Quertheilung des Antheridiumfadens geschieht so ziemlich in der Mitte des Organes, bisweilen auch oberhalb der Mitte.

Die Anzahl der genau sphärischen Oosporen in einem Oogonium beträgt 18—30. Immer wird der Innenraum des Oogoniums von den Oosporen vollständig ausgefüllt, so dass es unmöglich ist, das Einwachsen der Antheridien zu sehen. Die Oosporenmembran ist im ausgebildeten Zustande sehr dick, undeutlich geschichtet und sehr schwach tingirt.

Der Durchmesser der Oogonien beträgt 0,066—0,075 mm.; der Durchmesser der entwickelten Oosporen 0,0196—0,0224 mm. Die eigenthümlich im Schlauche selbst gebildeten Oogonien, welche Pringsheim bei Saprolegnia monoica beobachtet und abgebildet hat [1]),

---

[1]) Pringsheim Jahrb. I. p. 305, Taf. XX, Fig. 3.

finden sich hie und da auch bei dieser Species. Immer beobachtete ich diese Oogonien am Ende der Schläuche. Die nicht blos seitlich, sondern auch an den Enden ausgebildete Oogoniumwand, welche sich aus der innern Schlauchwand gebildet hat, zeigt sich regelmässig durchlöchert und an diesen durchlöcherten Stellen entsprechend ebenso auch die äussere Schlauchwand (Taf. XIV. Fig. 13.); dieser Umstand scheint demnach auf die Nothwendigkeit einer äusseren Einwirkung ausser den Antheridien hinzudeuten. Die Antheridien entwickeln sich aus dem von dem Oogonium abgeschlossenen Schlauchtheile und dringen unter der äusseren Schlauchwandung zur Oogoniumwand (Fig. 13. α.).

Bisweilen habe ich bei dieser Saprolegnia Oogonien beobachtet, deren Innenraum ausser mit den entweder entwickelten oder obliterirten Oosporen auch noch mit Fäden einer anderen Saprolegnie erfüllt ist; diese Fäden dringen nicht sowohl in den mit der Oogoniumwand verwachsenen Theil des Antheridiums (Fig. 11. β.), als auch in einzelne obliterirte Oosporen selbst. (Fig. 11. α.)

Die hier mitgetheilten neuen Saprolegnien würden sich nun im Wesentlichen folgendermassen in das System dieser allmählig sich mehrenden Pflanzengruppe einreihen.

Achlya Braunii. Sehr grosse über 10 mm. hohe Thallusfäden. Oogonien ellipsoidisch (mit blossem Auge erkennbar), vielsporig (10—40), unmittelbar aus dem Schlauchinhalte durch Querwandbildung sich bildend, in einer Reihe liegend; Oogoniumwand durchlöchert, Antheridien unmittelbar aus dem Schlauche oder aus dem nächst angrenzenden Oogonium sich entwickelnd, sehr lang (von der Länge des Oogoniums), dünn und verästelt; Sporangien auf besonderen Pflänzchen.

Von allen besonderen Species durch die specifische Bildung der Oogonien ausgezeichnet.

Saprolegnia siliquaeformis. Thallusfaden gegliedert und verästelt, aus bauchigen, durch dünne hohle Zwischenglieder verbundenen Segmenten zusammengesetzt; Sporangien sehr viel grösser als die Segmente, schotenförmig, wie bei den übrigen Saprolegniaspecies gebildet; Oogonien?

Saprolegnia Spec. (1.) Der unverästelte Thallusfaden am Ende verbreitert in eine Anzahl verdünnter Stielchen übergehend, welche die sehr grossen gedrängt stehenden schotenförmigen Sporangien tragen; Oogonien?

Saprolegnia Spec. (2.) Thallusfaden wenig verästelt, röhrig, am Ende sowohl Sporangien wie Oogonien entwickelnd; Oogonien sphärisch auf kurzen Stielen von konstanter Länge ($\frac{1}{2}$—$\frac{1}{3}$ des Oogoniumdurchmessers); Antheridien unverästelt meist zu zwei (oder vereinzelt) nur aus dem Oogoniumstiele sich entwickölnd, mit breiter Fläche an die Oogoniumwand sich anlegend; Oosporen sphärisch, zahlreich (18—30), dickwandig, schwach gefärbt.

Von Saprolegnia ferax, welche nun nach Pringsheim (Jahrb. IX. p. 195.) die unter Saprol. monoica und dioica beschriebenen Formen zusammenfasst, durch die kürzeren Stielchen von konstanter Länge, durch die Beschaffenheit und Ursprungsstelle der Antheridien verschieden.

Naegelia. Genus novum.

Thallusfaden gegliedert aus einer Anzahl gleicher cylindrischer, an den Enden plötzlich verdünnter, durch kurze hohle Zwischengliedchen verbundener Segmente zusammengesetzt; Reproduktionsorgane (Sporangien und Oogonien?) gleichgestaltet; besondere Conceptakula, wirtelig an den Enden der Thallussegmente entspringend.

Naegelia Spec. (1.) Thallusfäden mehrgliederig (4—10), aus gleichen, in einer Reihe liegenden, wirtelig stehenden Segmenten zusammengesetzt; mehrere vollkommen gleichgestaltete, aber ungleichwerthige Reproduktionsorgane (4—6) in je einem Wirtel vereinigt oder an dem Ende der Zweige vereinzelt oder gepaart.

Naegelia Spec. (2.) Thallusfaden aus einer geringeren Anzahl nicht gleicher Segmente (2—3) zusammengesetzt, Reproduktionsorgane nicht regelmässig wirtelig, ungleich in Grösse und Form, am Ende des obersten Segmentes.

Blastocladia. Genus novum.

Der sehr dickwandige Thallusfaden am unteren Ende bewurzelt, vollkommen einzellig, an der Spitze sowohl einfach als doppelt wirtelig verästelt; die Zweige, am Ende keulig anschwellend, entwickeln

durch Sprossung aus freien, im Plasma gelagerten Tochterzellen die Reproduktionsorgane (Antheridien? Sporangien und Oogonien): Oogonien eiförmig, mit feinwarziger Membran, bei der Reife leicht von der Ursprungsstelle abfallend; Sporangien zahlreich, an der Spitze sich öffnend, den Oogonien untermischt oder an besonderen Pflänzchen sich bildend.

Blastocladia Pringsheimi (Species una).

Ich füge einige Beobachtungen ein über die seltsamen in Desmidienzellen sich findenden einzelligen Parasiten, welche auch schon von Al. Braun, Pringsheim und De Bary wiederholt beobachtet worden sind. Bei meinen ununterbrochenen Untersuchungen über die Species der Desmidien hatte ich häufiger Gelegenheit, von Parasiten infizirten Desmidienzellen zu begegnen. Diese Gebilde werden sich wohl so lange genauerer Untersuchung entziehen, bis es gelingt, lebende infizirte Desmidienzellen mit gesunden Zellen zu kultiviren. Dem mehrjährigen Beobachter der Desmidien eines Lokalgebietes begegnen solche Vorkommnisse sehr selten, und nur an einzelnen bestimmten Standorten ist man sicher — gewöhnlich derselben Species — vereinzelte infizirte Individuen anzutreffen. Am häufigsten noch habe ich in hiesiger Gegend das Closterium striolatum Ehrenbg, seit Jahren konstant mit den seltsamen parasitischen Zellen infizirt aufgefunden.

Es finden sich einzellige Parasiten in Cosmarien, Micrasterien, Euastren, Closterien, Netrien; nicht habe ich diese Gebilde noch beobachtet bei den Staurastren und Xanthidien. Offenbar hängt dieser Umstand mit dem Baue der Zellwand dieser Desmidien zusammen. Die Zellwand der Xanthidien und Straurastren (mit Ausnahme von Muticum, Orbiculare und Dickiei) zeigt sich dicker als die der übrigen Desmidien und sehr mannichfache partielle Verdickungen, welche nach aussen als die „Warzen, Höcker, Stacheln“ hervortreten.

Die Species, bei denen ich diese Gebilde bis jetzt beobachtet habe, sind folgende:

Cosmarium quadratum Corda.
Cosmarium Ralfsii. Bréb.
Cosmarium Cucumis Corda.

Cosmarium Margaritiferum Ehrenb.
Cosmarium Botrytis Ehrenb.
Cosmarium crenatum Bréb.
Cosmarium pseudonitidulum Sundell.
Cosmarium moniliferum Reinsch.
Cosmarium Plangula De Bary.
Cosmarium Thwaitesii Ralfsii.
Cosmarium binodulum Reinsch.
Cosmarium connatum Bréb.
Micrasterias truncata Corda.
Micrasterias rotata Ehrenb.
Micrasterias denticulata Bréb.
Closterium didymotocum Ralfs.
Closterium striolatum Ehrenb.
Closterium acerosum Bréb.
Euastrum elegans. Turpin.
Netrium Digitus Ehrenb. Bréb.
Closterium Ralfsii Bréb.

Alle die von mir seither beobachteten Fälle zeigen konstante Typen; es sind folgende:

I. Einzelne mehr oder minder ellipsoidisch gestaltete Zellen, gewöhlich zu zweien (bisweilen 3) in einer Zelle vorhanden; jede Zelle entwickelt eine kropfartig verdickte, an die Zellwand der Desmidie sich anlegende Verlängerung. Diese Verlängerung durchbricht die Zellwandung mittelst eines kurzcylindrischen Fortsatzes (Taf. XVII. Fig. 12c.), der sich später becherförmig öffnet (Fig. $12c_1$. Fig. $11.\alpha.\alpha_1$). Diese Form findet sich bei Cosmarien (Cosmar. Cucumis, margaritiferum, Botrytis). In kleineren Cosmarien findet man bisweilen eine einzelne, wahrscheinlich diesem Typus angehörige, Zelle (Fig. 7. Cosmar. moniliferum Reinsch).

II. Langgestreckte wurmförmige Schläuche, welche hie und da in Fortsätze auswachsen, die an die Desmidienzellwand sich anlegen und, ohne einen Fortsatz hervorzutreiben, nach aussen sich öffnen. Findet sich ebenfalls nur in Cosmarien. Bei Cosmarium Thwaitesii Ralfs beobachtete ich einige Fälle, in welchen die in der Längenrichtung der Zelle gewachsenen Schläuche, an den Polen der Zelle angelangt, hakenförmig sich umbiegen (Taf. XVII. Fig. 14). Bei an-

deren Specimens beobachtet man mehrere darmförmig ineinander verschlungene Schläuche, bei denen die Bildung von Fortsätzen unterbleibt und bei denen die Oeffnung an der Spitze erfolgt (Taf. XVII. Figur 5).

III. Einzelne grössere, mehr oder minder regelmässig gelappte Zellen, die im entwickelten Zustande mit einer dicken schwachröthlich tingirten Membran umkleidet sind. Nur in Micrasterias denticulata Brèb. und Micrasterias truncata Corda beobachtet (Taf. XVII. Fig. 13). Ich kann nicht sicher bestimmen, ob eine andere in Micrasterias rotata beobachtete Form entweder mit diesem oder dem Typus IV. verwandt ist. Die ellipsoiden parasitischen Zellen setzen kettenartig zusammenhängende Gebilde zusammen, welche den vielfach gekammerten Innenraum der Nährzelle erfüllen und strahlig in die einzelnen Loben der Zelle eindringen (Taf. XVII. Fig. 8). Der Inhalt der Micrasterienzelle zeigt sich in entfärbte fädige, zwischen den Parasitenzellen gelagerte Massen verändert.

IV. Kettenartig verbundene bauchige, an den Enden verdünnte Zellen, welche im Jugendzustande mit gleichförmigem Plasma angefüllt sind, welches sich später in verschiedener Weise umbildet: theils in eine einzige sphärische dickwandige Zelle, theils in eine grosse Anzahl ausschwärmender Zellchen, die aus der im inneren Raume der Nährzelle geöffneten Mutterzelle austreten (Taf. XVII. Fig. 9). Sehr wahrscheinlich finden sich bei diesem Parasiten ganz ähnliche Verhältnisse vor wie die unten zuletzt beschriebenen, indem nemlich bei den bis zu einer gewissen Stufe der Entwickelnng ganz gleichen Zellen von einem bestimmten Momente an verschiedenartige Verhältnisse des Wachsthums sowohl wie der Umbildung des Zellinhaltes stattfinden, welche letztern im Allgemeinen in der Bildung von Eizellen, männlichen Zellen und Schwärmzellen verläuft. Diese Parasiten finden sich nur in grösseren Closterien (Closterium didymotocum, acerosum).

Bei den entwickelten Specimina findet man einen Theil der Schlauchzellen entleert, einen Theil mit einer gewöhnlich in der Mitte des Schlauches gelagerten sphärischen, ziemlich dickwandigen Zelle von 0,0097—0,0112 mm. Durchmesser. Bei den entleerten findet man bisweilen an der Spitze oder seitlich Häufchen sehr kleiner Zellchen (Taf. XVII. Fig. 9α.).

V. Paarweise zusammenhängende fast gleich grosse cylindrisch-eiförmige Zellen. Von diesen habe ich nur den abgebildeten Zustand in zwei Exemplaren beobachtet. Die eine Zelle ist leer, in dem unteren, der leeren Zelle zugewendeten Ende der andern befindet sich eine ziemlich sphärische, dickwandige Zelle, an der der Querwand zugewendeten Seite findet sich eine schmale geschlossene Protuberanz, sowie man sie an der Wand reifer Oogonien bei einigen Bulbochaeten findet. Die Querwand zwischen den beiden Zellen scheint mir bei einem aufbewahrten Specimen, bei welchem die parasitische Zelle eine geneigte Lage hat, durchlöchert, wenigstens zeigte sich noch innerhalb der Areola (bei System 9, Ob.) ein glasheller Saum (Fig. 6 m.) Diese Form habe ich nur bei Cosmarium connatum gefunden.

VI. Noch eine Art von Zellen führe ich an, über welche mir aber nur die folgenden Beobachtungen vorliegen: Ellipsoide, häufig in einer Reihe liegende dickwandige Zellen mit gelblichgrünem körnigem Inhalte und schwach tingirter Membran. Der Längendurchmesser = 0,0305—0,0393 mm., der Querdurchmesser = 0,0252—0,0305 mm. Im Jugendzustande ist der Inhalt feinkörniger, die Membran ungefärbt, zuletzt ist der Inhalt grobkörnig, die Membran tingirt. Nur in Closterium striolatum Fhrenb. beobachtet, ziemlich häufig und konstant an bestimmten Standorten. Ich beobachtete keinerlei Veränderungen an diesen Zellen als die eben erwähnten und ich vermuthe, dass dieselben (noch im August beobachtet), in der Nährzelle eingeschlossen überwintern.

Für diese bis jetzt beobachteten Typen entophytischer Zellen in Desmidien ergeben sich zwei verschiedene Arten reproduktionsfähiger Zellen: durch eine Oeffnung in der Zellwand der parasitischen Zelle sich entleerende und durch Umbildung des Zellinhaltes entstehende, in der Mutterzelle verbleibende, dickwandige sphärische Zellen. Nach den jetzigen Beobachtungen erfolgt bei den ersteren die Entleerung von Tochterzellen, entweder nach Aussen durch kurze, die Desmidienzellwand durchbrechende Fortsätze, oder bei nicht durchbrochener Zellwand in den Innenraum der inficirten Zelle. Ueber die Natur aber der austretenden Körper stehen mir direkte Beobachtungen nicht zu Gebote und ich weiss nicht sicher zu bestimmen, ob dieselben nach dem Typus von Chytridium oder von Pythium gebildet

werden. Ich beobachtete jedoch in einem einzigen Falle eine kleine sphärische Zelle in einem Gemenge verschiedener mikroskopischer Algen, unter dennn auch einzelne infizirte Cosmariumzellen sich befanden, welche mit einer fertig gebildeten ausgetretenen Protoplasmakugel, des Pythium entophytum Pringsh. die grösste Aehnlichkeit hatte. Die von einer sehr zarten Membran umkleidete Kugel hatte einen Durchmesser von 0,0224 mm., in dem Innenraume bewegten sich 4 ellipsoide Körperchen von 0,0097 mm. Länge mit grösster Lebhaftigkeit und traten nach einiger Zeit aus (Taf. XVII. Fig. 10). Die in dem Algengemenge befindlichen infizirten Desmidienzellen gehörten dem Typus I. und II. an.

Bei Vergleichung der mitgetheilten Parasiten bemerkt man, dass einerseits Gebilde vorliegen, welche sowohl ganz verschiedener morphologischer Natur, wie auch von den Chytridiaceae ganz abweichende Verhältnisse der Entwickelung des Zellinhaltes zeigen, anderseits dass eine Reihe dieser Gebilde in den Desmidien entschieden den Chytridiaceae sich anreiht. Von den von Al. Braun beschriebenen entophytischen Chytridiumspecies (endogenum, entophytum)[1]) würde sich, wenn nicht vielleicht noch biologische Unterschiede stattfinden, worauf allerdings die eben erwähnte Beobachtung hinweist, nur eine (jedoch unwesentliche) Verschiedenheit in der Form der Zellen und in der Art der Oeffnung ergeben für die unter den Typen I. II. III. zusammengefassten Formen.

Die unter dem Typus IV. und V. beschriebenen Gebilde stellen jedoch offenbar einen von den entophytischen Chytridiaceae ganz abweichenden Typus dar, indem der Entwickelungsprocess der in die Nährzelle schon zü einer frühen Zeit eingedrungenen parasitischen Zelle vollständig in der Nährzelle selbst verläuft, indem nirgends an der Wandung der letzteren Oeffnungen zu entdecken sind.

Die Bildung ungleichwerthiger, d. h. in ihrer Funktion verschiedener Zellen lässt schon auf eine Verwandtschaft dieser Gebilde mit den Saprolegnieae schliessen. Ohne Zweifel stellt die Gattung Pythium ein Verbindungsglied dar, welches sich in der Bildung der Schwärmsporen einerseits an die Chytridiaceae, durch die Bildung von Geschlechtszellen aber andererseits an die Saprolegnieae anreiht. Ich

---

[1]) Al Braun. Monatsber. Berl. Acad. 1856. p. 589.

habe nun auch in diesem Sommer eine in todten Körpern grösserer Insekten (Libellen) vorkommende Saprolegnie aufgefunden, welche in offenbar naher Verwandtschaft steht mit den unter IV. und V. beschriebenen Gebilden. Genau wie bei Achlya und Saprolegnia gebildete und geformte mehrsporige Oogonien, welche jedoch ohne alle Antheridienbildung oder Spuren ansitzender Männchen sind, deren Wandung jedoch mit einer einzigen Oeffnung durchlöchert ist. Diese Oogonien stehen im Connexe mit kurzen, gewundenen, darmförmigen, zur Zeit der Reife der Oosporen glashellen Zellen, über deren Funktion mir keine direkten Beobachtungen zur Seite stehen, die mir aber ein Analogon scheinen der entleerten Zellen bei diesen Typen der Desmidien Entophyten (zunächst des unter V. beschriebenen).

Hieran knüpfe ich noch einige Beobachtungen über die in Saprolegnienschläuchen vorkommenden „Stachelkugeln". Nachdem die Natur dieser Gebilde, der Seltenheit ihres Vorkommens wegen, noch nicht mit Bestimmtheit hat erkannt werden können, so erlaube ich mir an die Beobachtungen von Pringsheim[1]) sich anreihend einige in diesem Sommer gemachte Beobachtungen mitzutheilen, welche geeignet sind, die Frage über die Lebensgeschichte und die Natur dieser Gebilde ihrer Beantwortung einen Schritt näher zu bringen.

In den Rasen der oben beschriebenen Saprolegnie finden sich (häufiger unter Rasen der auf faulenden Rhizomen der Nymphaea wachsenden Achlya racemosa) unter den andern üppig blühenden und fruktifizirenden Pflänzchen nicht sehr selten einzelne, gewöhnlich kürzere, unverästelte, am Ende keulig angeschwollene Schläuche. Ihr Inhalt ist gegen das Ende zu dichter und undurchsichtiger als im unteren Theile, dessen unterstes Ende bewurzelt ist, wie bei den andern Pflänzchen; sie zeigen gar keine Andeutung irgend einer andern Entwickelung, weder der Fruktification noch der Astbildung; sie erschienen mir als in ihrer Bildung gehemmte Saprolegnienschläuche. An normal entwickelten Pflänzchen beobachtete ich diese verdickten Schläuche nicht. In dem frühesten Zustande, den ich auffinden konnte, besteht das Innere des Schlauchendes aus einem feinkörnigen

[1]) Pringsheim Jahrb. II, p. 219, ff. Taf. XXIV.

dichten Plasma, in welchem sich eine unbestimmte Anzahl fast gleich gestalteter und in der Grösse nur wenig verschiedener ziemlich sphärischer Zellen mit feinkörnigem Inhalte eingelagert findet (Taf. XVII. Fig. 1.) Unterhalb der Stelle des Raumes, in welchem die eingelagerten Zellen sich befinden, beobachtete ich bei einigen freipräparirten Schläuchen die Bildung einer Querwand, durch welche das Zelllumen in zwei ungleiche Hälften abgetrennt ist.

Bei einem weiter fortgeschrittenen Stadium bemerkt man, dass aus den anfänglich ziemlich gleichen Zellen sich dreierlei verschiedene Arten von Zellen entwickelt haben (Taf. XVII. Fig. 1):

a) kleinere, nicht vollkommen sphärische (ellipsoidische) Zellen mit glatter Membran und körnigem Inhalte, welcher im Anfange mehr homogen und fein granulös, später mit einzelnen grösseren Vakuolen versehen ist. Durchmesser 0,0168—0,0224 mm.

b) grössere, genau sphärische Zellen mit dicker auf der Oberfläche dicht mit glashellen Stacheln besetzter Wandung, welche sich später verdickt und geschichtet erscheint; deren Inhalt ist im Anfange feinkörniger, später aus grössern Körnchen zusammengesetzt. Der Durchmesser sehr variirend von 0,0224 bis 0,0393 mm.

c) längliche, unregelmässig cylindrische oder ellipsoidische Zellen mit abgerundeten Enden; deren Inhalt ist im Anfange feinkörnig homogen und es bildet sich später eine grosse Zahl kleiner beweglicher Zellen, welche durch einen durch die Schlauchwandung getriebenen Fortsatz ins Freie treten. Die Länge dieser Zellen bewegt sich von 0,0224 bis 0,0393 mm.

Weder in der Anzahl dieser drei verschiedenen Arten von Zellen in den verschiedenen Schläuchen, noch in der Vertheilung ist eine Constanz wahrnehmbar. Nur manchmal findet man Schläuche mit Zellen einer Art, namentlich der dritten Art, angefüllt. Bisweilen findet man auch Schläuche mit nur zwei oder nur einer Stachelzelle. Die länglichen Zellen finden sich gewöhnlich den beiden anderen Arten von Zellen untermischt, in den meisten Fällen findet man die beiden Arten der sphärischen Zellen vergesellschaftet. Was aber sofort bei genauerer Untersuchung und Vergleichung einer Anzahl von solchen Schläuchen sich ergiebt, ist die Constanz der paarigen Vertheilung der Stachelkugeln und der kleinen ellipsoiden glatten Zellen. Schon in den Jugendzuständen dieser Zellen beobachtet man bei ein-

zelnen Schläuchen eine paarige Vertheilung der sphärischen Zellen, welche Verhältnisse bei entwickelteren in grösserer Zahl vorhandenen Zellen ganz evident sich herausstellen. Selbst in denjenigen Fällen, in welchen bei zu dichter Stellung der Zellen sich das paarige Verhältniss nicht so deutlich mehr wahrnehmenlässt, wie bei in grösseren Zwischenräumen von einander befindlichen Zellen, lässt die Zählung der schon entwickelteren Stachelzellen und der glatten Zellen einen Schluss zu auf die Gesammtzahl und auf das paarige Verhältniss beider Arten von Zellen (Taf. XVII. Fig. 2. 3. 4. zwei-, drei- und fünfhaarige Schläuche).

Die Entwickelung aller drei in einem Schlauche eingeschlossenen Arten von Zellen durchläuft ganz gleiche Stadien; nur in der verschiedenen Grössenzunahme wie in der Gestalt machen sich die eintretenden Veränderungen bemerkbar. Bei den längeren Zellen bildet sich zuletzt eine höckerige Hervorragung (Fig. 3. γ.), welche allmählich die Schlauchwandung erreicht, diese mit ihrer Spitze durchbricht und an der äusseren Seite des Schlauches als kurze Hervorragung bemerkbar ist (Fig. 1. $\gamma._3$). Nach dieser Zeit wird der Zellinhalt in eine grosse Anzahl sphärischer Zellchen umgewandelt, welche durch den nach Aussen getriebenen Fortsatz ins Freie treten (Fig. 1. γ_2) Deren weiteres Schicksal ist mir nicht bekannt. Bei den Zellen, die sphärische Gestalt behalten, macht sich zu dieser Zeit eine sehr beträchtliche Wachsthumsdifferenz bemerkbar; die weniger dicht als bei den kleineren sphärischen Zellen erscheinende Membran der grösseren Zellen verdickt sich etwas und es bilden sich auf ihrer Aussenseite dichtstehende glashelle Stacheln. Bei den kleineren Zellen scheint der Zellinhalt eine Wandlung zu durchlaufen, da Zellen gefunden werden mit grossblasigem Inhalte, ferner mit dichtkörnigem und mit überaus feinkörnigem Inhalte (Taf. XVII. Fig. 4[1]). Zuletzt ist der Inhalt der an den Stachelkugeln ansitzenden Zellen ganz verschwunden, deren Zellraum ist leer (Fig. 2).

---

[1]) In einem einzigen Falle beobachtete ich an einer Stachelkugel ansitzend drei kleinere glatte Zellen, von welchen die eine (Taf. XVII, Fig. 3α) ganz entleert war, von den beiden anderen war der Zellinhalt der einen bis zu einem kleinen an der Wand ansitzenden Theil aus sehr kleinen Körnchen bestehend verschwunden; der Zellinhalt der andern (Fig. 3β) zeigte sich ebenfalls verändert und zwar im oberen Theile aus sehr feinen Körnchen zusammengesetzt im unteren Theile aus einer einzelnen grösseren Vacuole und mehreren Körnchen bestehend.

Die Membran dieser Zellen bleibt während der ganzen langen Zeit, welche verstreicht bis zu dem Momente des vollständigen Verschwindens des Zellinhaltes, obgleich mit der Stachelkugel an einer Stelle fest verwachsen, ungeändert. In der ersten Zeit ihrer Verwachsung bemerkt man bei geschickt liegenden Paaren, dass an der Stelle der Verwachsung beider Zellen ein schmaler Spalt zwischen beiden verwachsenen Zellen sich gebildet hat, durch welchen der Zellinhalt beider im Connex gesetzt ist (Fig. 4.) Nach vollständig eingetretener Entleerung der kleineren Zellen verwächst der Spalt und man bemerkt noch in der Membran der kleineren Zelle eine zarte doppelt konturirte Apertur, welche sich noch unterhalb der äusseren mit Stacheln besetzten Hülle der Stachelkugel befindet (Fig. 2*a*).

In dem Inhalte der Stachelkugeln sind nach Entleerung der glatten kleinen Zellen weitere Veränderungen nicht erkennbar; nach völliger Entleerung der letzteren umkleidet sich der Inhalt durch Neubildung mit einer neuen Membran, so dass die Hülle der Stachelkugeln nun aus drei scharf von einander gesonderten Schichten zusammengesetzt ist (Taf. XVII. Fig. 2), von denen die innere nach aussen breiter konturirt ist und sehr schwach tingirt sich zeigt, die äussere undeutlich geschichtet ist, deren Stacheln zuletzt erhärten und undurchsichtiger werden. Die Struktur der Stachelkugeln stimmt nach ihrer Vollendung mit allen den Winter überdauernden Dauersporen der übrigen Algen überein und es ist nicht wohl anzunehmen, dass noch während der Dauer der Vegetationsperiode irgend eine innere Veränderung in denselben vorgehe, da sich lange nach ihrer Bildung niemals entleerte finden. Die eben geschilderten Vorgänge stellen sich mithin als Copulationsprocess dar, bei welchem eine Geschlechtsdifferenz bemerkbar ist. Die Stachelkugel stellt die weibliche Zelle, die kleinere völlig sich in die erstere entleerende die männliche Zelle dar.

Die von Pringsheim früher ausgesprochene Vermuthung über das Verhältniss der beiden Arten von Zellen findet also ihre Bestätigung[1]).

[1]) Pringsheim Jahrb. II, p. 225. „Diese Kugeln mit stacheliger Hülle treten entweder isolirt auf oder untermischt mit jenen anderen Körpern, welche eine glatte Hülle besitzen. Man könnte nun geneigt sein, diese Stachelkugeln als die zu den Körpern mit glatter Hülle gehörigen weiblichen Pflanzen zu betrachten". Bei dem, Taf. XXIV, Fig. 15, abgebildeten Schlauchende, befindet sich unmittelbar an der einzelnen von mehreren grösseren glatten entleerten Zellen umgebenen

Auch in dem Inhalte der Schläuche machen sich verschiedene Veränderungen bemerkbar. Gegen das Ende der Entwickelung der eingelagerten Zellen wird der Inhalt allmählich durchsichtiger und erscheint verflüssigt nach der Entleerung der glatten länglichen Zellen und nach der fertigen Entwickelung der Stachelkugeln.

Können die in den Saprolegnienschläuchen eingeschlossenen Zellen nach den jetzigen Beobachtungen — so lange nicht deren Eindringen im jugendlichen Zustande in die Schläuche direkt beobachtet ist — auch nicht als selbstständige Organismen angesehen werden, so erscheint doch die im Innern des Saprolegnienschlauches verlaufende Lebensgeschichte als Moment, dieselbe als gesondert von der specifischen Lebensgeschichte der Nährzelle aufzufassen und den eingeschlossenen Gebilden den Charakter wirklicher parasitischer Organismen beizulegen.

Erlangen, im November 1876.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Figuren sind, wo es nicht besonders bemerkt ist, 180fach vergrössert gezeichnet.

Tafel XIV.

Achlya Braunii.

Fig. 1. Zweigende mit einem zweisporigen Oogonium.

Fig. 2. Einzelnes Oogonium mit reifen Oosporen unter dem Schlauchende entwickelt, das Schlauchende hat sich in zwei Sporangien entwickelt, das untere von dem Oogonium durch einen kurzen Zwischenraum getrennt, ist durch Oeffnungen, (α α) entleert, das obere unmittelbar angrenzende an der Spitze geöffnet und entleert.

Fig. 3. Zweigende mit einem fünfsporigen Oogonium (ohne Antheridien).

Fig. 4. Ende eines Oogonien entwickelnden Zweiges mit zwei Oogonien mit reifen Oosporen, ein Antheridium des unteren Oogoniums hat sich an der Spitze in ein unregelmässig geformtes Oogonium (a) umgewandelt, welches ohne Antherrdien und ohne Oosporenbildung ist.

Stachelkugel eine kleinere entleerte Zelle, in einer Lage jedoch in welcher die Anheftungsstelle nicht wahrzunehmen ist, welches eben geschilderte Verhältniss aber Pringsheim gewiss nicht entgangen sein würde bei Schläuchen mit mehreren eingeschlossenen günstiger gelegenen Zellpaaren.

Fig. 5. Sporangium mit grösstentheils entleerten Mutterzellen, am Ende des Zweiges, Mutterzellennetz grösstentheils entleert, mit einigen ausgewachsenen Tochterzellchen.

Fig. 6. Die zwei untersten von vier in einer Reihe liegenden Oogonien mit reifen Oosporen, am untersten Oogonium haben sich aus dem Antheridium zwei Oogonien gebildet, von denen das eine (a) normal mit Antheridienbildung ist und reife Oosporen entwickelte, während das andere (b) ohne Antherienbildung blieb und abnorm entwickelt ist.

Saprolegnia Spec. (2).

Fig. 7· Oberster Theil eines Oogonien entwickelnden Schlauches, Oogonien fertig gebildet mit reifen Oosporen.

Fig. 8. Oberstes Ende eines anderen Schlauches mit zwei normal gebildeten seitlichen fertigen Oogonien und einem terminalen Oogonium, welches durch Hineinwachsen in das entleerte Sporangium am Schlauchende entstanden ist, vom obersten Theile des Schlauchinhaltes haben sich zwei Antheridien entwickelt.

Fig. 8. Oberes Ende eines Sporangien entwickelnden Pflänzchens, die entleerten Sporangien alternirend (α_1 α_2 α_3 α_4) an dem an der Spitze noch fortwachsenden Schlauchende.

Fig. 10. Einzelner steriler Zweig eines sehr verästeltelten Pflänzchens.

Fig. 11. Reifes Oogonium mit z. Th. fertig gebildeten z. Th. obliterirten Oosporen, dicht mit parasitischen Fäden einer Saprolegnie erfüllt; α) eine mit parasitischen Fäden erfüllte Oospore, β) parasitische Fäden einschliessendes Antheridiumende (vergr. 1:200).

Fig. 12. Zweisporiges Oogonium der Achlya racemosa mit seitlicher Sprossung der Oogoniumwand.

Fig. 13. Ein im Schlauche selbst gebildetes terminales Oogonium mit fertig gebildeten Oosporen α) von dem obersten Theile des Schlauchinhaltes entwickeltes Antheridium (vergr. 1:200).

Tafel XV.

Naegelia Genus nov.

Fig. 1. Theil eines Pflänzchens der ersten beschriebenen Form mit entleerten z. Th. noch nicht entleerten Fruktifikationsorganen.

Fig. 2. Zweig eines anderen Pflänzchens mit etwas kürzeren Segmenten und mehrgliedrigen Wirbeln.

Fig. 3. Ein noch nicht geöffnetes Conceptakulum (Sporangium) eine grosse Zahl ellipsoider Zellchen einschliessend (vergr. 1:360).

Fig. 4. Ein Conceptakulum mit einigen grossen Zellen und einer Anzahl kleinerer Zellen erfüllt (vergr. 1:360).

Fig. 5. Ein anderes Conceptakulum mit einigen grossen Zellen und einer Anzahl kleinerer Zellen erfüllt (vergr. 1:360).

Fig. 6. Ein an der Spitze geöffnetes und entleertes Conceptakulum (vergr. 1:360).

Fig. 7, 8, 9. Drei Pflänzchen der zweiten Form der Naegelia, β β) grössere Conceptakula, α α) kleinere Conceptakula.

Fig. 10. Ein kleines Conceptakulum (vergr. 1:360).

Fig. 11. Ein grosses Conceptakulum (vengr. 1:360).

Saprolegnia siliquaeformis.

Fig. 12. Oberster Theil eines Pflänzchens, mit entleerten und wieder auswachsenden Sporangien.

Fig. 13. Ein entleertes Sporangium, in welchem durch seitliche Sprossung aus dem grundständigen noch nicht entleerten neuen Sporangien sich drei seitliche kleinere Sporangien gebildet haben (vergr. 1:360).

Tafel XVI.

Blastocladia Pringsheimi.

Fig. 1. Ein Pflänzchen mit einwirteligen Thallusfaden, die Zweige Oogonien und Sporangien entwickelnd.

Fig. 2. Theil eines nur Sporangien entwickelnden Pflänzchens.

Fig. 3. Ende eines Zweiges mit entwickelten Sporangien und eingeschlossenen Zellen in verschiedenen Stadien der Entwickelung (vergr. 1:360).

Fig. 4. Ende eines Zweiges mit Oogonien und eigenthümlichen verlängerten Sprossen.

Fig. 5. Ende eines Zweiges mit zwei auswachsenden Zellen.

Fig. 6. Zweigende mit noch eingeschlossenen an die innere Schlauchwand sich anlegenden Zellen (γ).

Fig. 7. Zweigende mit z. Th. entwickelten Sporangien, auswachsenden und noch eingeschlossenen Zellen.

Fig. 8. Ein mit sphärischen Zellen angefülltes Sporangium, noch nicht geöffnet (vergr. 1:360).

Fig. 9. Ende eines nur Oosporangien entwickelnden Zweiges, mit noch nicht ausgewachsenen Zellen (γ).

Fig. 10. Ein entwickeltes abgefallenes Oosporangium (vergr. 1:360).

Fig. 11. Oberstes Ende eines Zweiges mit entleerten Sporangien.

Fig. 12. Oosporen und noch eingeschlossene und auswachsende Zellen.

Tafel XVII.

Fig. 1. Ende eines Schlauches mit allen drei Arten eingeschlossener Zellen im fortgeschrittenen Zustande der Entwickelung, die nach aussen sich entleerenden Zellen theils uneröffnet (γ_1), theils eröffnet und noch nicht entleert (γ_2 γ_3) theils vollständig entleert (γ_4 γ_5) die beiden kleinen glatten sphärischen Zellen der beiden oberen Zellpaare entleert.

Fig. 2. Ein anderes Paar Zellen, die kleine glatte Zelle entleert, an der Anheftungsstelle an der Stachelkugel die Ligatur des anfänglichen Spaltes in der Zellwandung (α) noch deutlich sichtbar (vergr. 1:360).

Fig. 3. Eine Stachelkugel kopulirt mit drei sehr kleinen glatten Zellen, die oberste glatte Zelle (α) schon vollständig entleert, die beiden unteren nur theilweise entleert (vergr. 1:360).

Fig. 4. Eine Stachelkugel kopulirt mit einer kleinen glatten Zelle; der Inhalt beider kopulirter Zellen steht im Connex durch eine schmale Apertur der Zellwand, Inhalt feinkörnig (vergr. 1:360).

Fig. 5. Cosmarium pseudonitidulum Lundell. forma mit eingeschlossenen schlauchförmigen Zellen erfüllt, zwei Zellen nach aussen geöffnet (α α) Typus 2) (vergr. 1:360).

Fig. 6. Cosmarium connatum Bréb. mit zwei eingeschlossenen Zellen, von denen die eine entleert die andere eine aus dem Zellinhalte gebildete dickwandige Tochterzelle eingeschlossen enthält, die eingeschlossene Zelle an dem der Querwand zugewendeten Seite mit einer papillären Protuberanz (m) (Typus 5) (vergr. 1:360).

Fig. 7. Cosmarium moniliferum Reinsch mit einer einzelnen eingeschlossenen Zelle (Typus 1) vergr. 1:360).

Fig. 8. Micrasterias rotata Ehrenberg mit sprossenden noch nicht geöffneten Zellen erfüllt (Typus III) (vergr. 1:360).

Fig. 9. Oberes Ende eines Closterium didymotocum Bréb, der gesammte Zellinhalt in mehrere Reihen kettenartig zusammenhängender Zellen umgewandelt, deren Inhalt die Nährzelle nicht durchbricht, ein Theil der Zellen entleert, ein Theil mit einer sphärischen dickwandigen Tochterzelle.

Fig. 10. Vier in einer hyalinen Blase eingeschlossene bewegliche Sporen, wahrscheinlich von einem Pythium ähnlichen Parasiten herrührend.

Fig. 11. Cosmarium Botrytis mit eingeschlossenen mit einer kropfartigen Verlängerung versehenen Zellen; die Zellen theils geöffnet und entleert (Typus I) (vergr. 1:360).

Fig. 12. Cosmarium connatum Bréb mit zwei parasitischen Zellen mit kropfartigen Verlängerungen, die eine entleert vermittelst eines becherförmig geöffneten Fortsatzes (c_1), die andere im Begriffe sich zu öffnen (c) (Typus 1) (vergr. 1:360).

Fig. 13. Micrasterias truncata Corda mit einer einzigen dickwandigen dreilappigen parasitischen Zelle (Typhus 3) vergr. 1:360).

Fig. 14. Cosmarium Thwaithesii Ralfs mit einem sehr grossen einzelligen an den Enden umgebogenen Parasiten, mit seitlichen Auswachsungen, entleert (Typus 2) (vergr. 1:360).

Fig. 15. Saprolegnia Sp. (2). Oberster Theil eines Thallusfadens mit einer Anzahl meist entleerter Sporangien.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 7. Fig. 8.

L. Koch gez. Lith. von Laue.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 9.

Fig. 13.

Fig. 12.

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 14.

L. Koch gez. Lith. von Laue.

Fig. 18.

b
a
Ws

Fig. 17.

Fig. 19.

a
b

Fig. 21.

s
t
E
r
hz

Fig. 20.

s
t
Vk
r
hz

Fig. 23.

k
g
h
E
L
F

Fig. 22.

s
r

L. Koch gez.

Lith. von Laue.

Taf. XI.

Fig. 1. c b

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 5 a.

Fig. 5 b.

Fig. 4.

Fig. 7.

Fig. 9. a b

Fig. 6.

Fig. 8.

Fig. 10.

Fig. 12.

Fig. 14. a b

Fig. 11. a b

Fig. 13.

A. J. Ranke del.

Lith. von Laue.

Taf. XI.

Fig. 1. c b

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 5 a.

Fig. 5 b.

Fig. 4.

Fig. 7.

Fig. 9. a b

Fig. 6.

Fig. 8.

Fig. 12.

Fig. 10.

Fig. 14. a b

Fig. 11. a b

Fig. 13.

d. J. Reinke del.

Lith. von Laue.

Fig. 16. Fig. 3. Fig. 1. Fig. 4.

Fig. 15.

Fig. 2.

a
c
b
a

Fig. 5 a.

Fig. 5 b.

a

a
a
a

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 6.

A u. J. Reinke del. Lith. von Laue.

Fig. 9.

Fig. 10.

b

a

c

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 14.

a

b

Fig. 17.

a

b

Fig. 13.

Fig. 18.

Fig. 15.

Fig. 16.

J. Reinke del. Lith. von Laue.

P. Reinsch ad nat. del. 1876. Lith. von Laue.

1. 2. 7. 8. 9.

β α

6a. 5. 3. 4. 6. α

10. 11. 12. 13.

360/1 360/1 360/1

P. Reinsch ad nat del. 1876.

Lith. von Laue.

P. Reinsch ad nat. del. 1876. Lith. von Laue

P. Reinsch ad nat. del. 1876. *Lith. von Laue*

Zur Morphologie, hauptsächlich der dichotomen Blüthenstände.

Von

H. Wydler.

Datisceae.

Datisca cannabina L. Die Blüthen beschliessen ein zweites Axensystem. Die Blüthenzweige in traubiger oder ähriger Anordnung, entspringen aus der Achsel aufwärts stufenweise kleinerer vereinfachter Laubblätter, bilden bis 2mal dichotome Dichasien, mit Förderung der Zweige aus dem ersten (nach der Abstammungsaxe hinliegenden) Vorblatt, zur Schraubel hinneigend und früher blühend, als der Zweig aus dem zweiten Vorblatt. Die männl. Pflanze ist reichblüthiger als die weibl. Vorblätter (von fein pfriemlicher Form) fand ich nur an den weiblichen, durchaus keine an den männlichen Blüthen. Wegen starker Stauchung der Unterstiele erscheinen die Blüthen in Büschelform [1]). Je höher die Dichasien an der Traube stehen, je mehr vereinfacht sich ihre Blüthenzahl; zuerst bleiben die Blüthen aus dem zweiten Vorblatt aus, und endlich bleibt nur noch die Mittelblüthe übrig. Die Aufblühfolge der Dichasien ist aufsteigend. Die Zahl der Sepala der männl. Blüthe finde ich von 6 bis 10, wobei übrigens einzelne Sepala getheilt erscheinen und man nicht entscheiden kann, ob die Theilblätter ganzen Sepalen entsprechen oder nicht. Stamina zählte ich 7, 8, 10, 11, 12, 13, 18, am öftersten 10 ob $^2/_7$, 4 + 4, 5 + 5, $^2/_{11}$ 6 + 6?) Die weibl. finde ich mit 3, 4, 5 Sepalen und eben so vielen vor dieselben fallenden Carpiden. Bei 3 Sepalen fällt eines median nach hinten, bei 4 fallen zwei lateral, 2 median; bei 5 steht das unpaare median nach hinten.

[1]) Aehnlich wie bei Rumex.

Berberideae.

Epimedium. Der Anschluss der Gipfelblüthe an die vorausgehende Blattstellung geschieht ohne Pros. E. alpin. und macranthum haben ihre Blüthenzweige oft dichasial verzweigt, mit Förderung aus dem ersten Vorblatt.

Fumariaceae.

Adlumia cirrhosa Raf. Die Blüthenzweige entspringen aus den Achseln der Laubblätter. Es sind reine Hochblattaxen, die sich traubig oder rispig weiter verzweigen und in eine zuerst entfaltende Gipfelblüthe endigen. Die Traubenzweige beginnen dichasial und tragen 7—3 Blüthen, zuoberst oft nur eine. Jeder Blüthe gehen 2 den Hochblättern ähnliche Vorblättchen voraus. — Bei dieser Pflanze finden sich übrigens in den Laubblattachseln bis 4 Serialzweige, welche ich zuweilen sämmtlich dem Stiel des Tragblattes aufgewachsen sah. Der oberste dieser Zweige trägt nur Hochblätter und Blüthen, er bildet die Rispe; der zweitoberste ist ein Bereicherungszweig: er trägt Laubblätter und in deren Achseln eine Blüthenrispe; der dritte hat zur Blüthezeit nur einige Laubblätter und der unterste ist alsdann nur einige Linien lang, oder fehlt auch gänzlich. Der Kelch der Gipfelblüthe schliesst sich unmittelbar der vorausgehenden Blattstellung ($^5/_8$) an.

Papaveraceae.

Escholzia californica. Einaxig. Inflor. 3—6blüth. Dichasien; wenigstens bei E. tenuifol. Bent. mit Förderung aus dem zweiten Vorblatt.

Platystemon calif. Flora 1851. p. 327. ist am Ende des Artikels einzuschalten: Zweiganfang ohne Pros. an's Tragblatt anschliessend, daher von den 3 der Blüthe vorausgehenden Blättern das dritte constant vor das Tragblatt des Zweiges fallend. Der rechts gedrehte Kelch mit den 3 Laubblättern wechselnd.

Hypecoum procumbens. Einaxig. Kotyl. L—1Z. Eine bodenständige Laubrosette mit centralem schaftähnlichem Stengelglied, welches in eine gestielte Blüthe endet, deren Kelch ohne Pros. an die vorausgehende Blattstellung ($^5/_8$) anschliesst. Dicht unterhalb des Stieles der Gipfelblüthe finden sich 2, seltener nur 1 kleinlaubige Blätter, aus deren Achseln bis 6 und mehr-blüthige Dichasien

kommen, deren beide Zweige schraubelartig weiter zweigen und unter sich homodrom scheinen. Aus vielen Bodenlauben entspringen Sprosse mit gestauchter Laubachse und blühendem Centralschafte. Aus höhern Bodenlauben kommen bisweilen unmittelbare Blüthenschäfte, welche nach 2 Vorblättern in Blüthe enden. Den Seitenblüthen überhaupt gehen 2 kleinlaubige seitliche Vorblätter voraus. Das Blüthendiagramm scheint mir sehr einfach: Auf die beiden Vorblätter folgen 2 mediane Kelchblätter, mit diesen kreuzt sich ein erstes Paar Petala, mit diesen ein zweites vor die Sepala fallendes; dann folgen in regelmässigem Wechsel 2 + 2 Staubblätter; mit dem innern Stamenpaar wechseln 2 Carpiden, welche in die Ebene des äusseren Paares der Petala fallen.

Cistineae.

Helianthemum. Der Gipfelblüthe der Sprosse geht ein manchmal aufgelöstes, sich mit dem vorausgehenden rechtwinklig kreuzendes Blattpaar voraus, von denen das bei Auflösung untere ein mit Stipuln versehenes Laubblatt, das andere (obere) ein einfaches lanzettliches grünes stipulähnliches Hochblatt ist. In andern Fällen und häufiger bleibt von den 2 Blättern nur das obere übrig. Sind beide vorhanden, so gehört die Blüthenwickel dennoch stets dem obern an; das untere ist steril. Soll man nun annehmen, dass, wo nur das obere zugegen ist, das untere fehlschlage[1]), so scheint es, wenn man den Anschluss des Kelches der Gipfelblüthe oder dessen Aestivation berücksichtigt. Es scheint sich derselbe nämlich am öftersten durch Pros. von $\frac{3 + 1/4}{5}$ einzusetzen. Ganz dieselbe Kelcheinsetzung findet nun auch für die Blüthen der Wickel statt, deren einziges dem Hochblatt ähnliches Vorblatt nur das zweite, allein übrig gebliebene sein kann — was ich auch aus einzelnen Fällen von Helianth. vulgare und punct. entnehme, deren Blüthen 2 deutlich in ungleicher Höhe abgehende Vorblätter besassen, eins als Laubblatt, das andere als Hochblatt, und wo die Pros. die gleiche war, nur mit 1 Vorblatt. Die Drehung des Kelches geschieht nach dem

[1]) Auffallend bleibt es immerhin, dass das vollständige Laubblatt fehlschlägt, das reducirte übrig bleibt, oder sollte mit dem obersten Blattpaar Umwendung der Spirale eintreten und das allein übrige Tragblatt der Wickel vielmehr das erste sein, während innerhalb der Wickel das zweite übrig bliebe?

kurzen, die der Corolla nach dem langen Weg der Spirale. In einzelnen Fällen scheint jedoch das erste Kelchblatt noch der decussirten Stellung anzugehören und dem Tragblatt der Wickel gegenüber zu stehen, womit auch die Aestivation der Corolle stimmt. Noch andere Male scheint sich die Gipfelblüthe an das Hochblatt ohne Pros. anzuschliessen. — Das einzige (zweite) Vorblatt der Blüthen der Wickel je nach den Arten bald mehr laubartig (H. punctatum), bald und öfterer hochblattartig (H. vulgare, appenin. etc.). Durch die Verkettung der unterhalb der Vorblätter befindlichen Glieder (Unterstiele), der Blüthenzweige gestaltet sich das Sympodium; der Oberstiel trägt unmittelbar die Blüthe.

Cistus monspeliensis L. Die Bereicherungszweige enden nach einer gewissen Anzahl von Blattpaaren durch eine Gipfelblüthe, neben welcher eine scheinbar gipfelständige, meist 6blüthige einfache Trauben-Wickel steht, welche des Tragblattes ermangelt, und das, wenn vorhanden, sich mit dem vorausgehenden Blattpaar kreuzen würde. Auch die Blüthen sind ohne Vorblätter. Das Sympod. verhält sich in seiner Bildung wie bei Helianthem. Ausser der Gipfelinflor. kommen bei cultivirten Exemplaren auch manchmal einfache Wickeln aus dem zweitobersten Blattpaar, während das oberste Blattpaar steril ist, wobei aber die gipfelständige Wickel keineswegs fehlt. Die Einsetzung des Kelches der Gipfelblüthe scheint zu variiren. Bald scheint sie sich an das fehlende Tragblatt der Wickel ohne Pros. anzuschliessen, bald scheint ihr erstes Kelchblatt demselben gerade gegenüber zu fallen. Bei andern Cistus-Arten (C. purpurens, albidus etc.) finde ich auch Pros. $\frac{3 + 1/4}{5}$. Letztere Pros. kommt durchweg an sämmtlichen Wickelblüthen von H. monspel. vor, wo aus der Aestiv. und Kelchstellung hervorgeht, dass hier wirklich 2 Vorblätter geschwunden sind. Bei Cistus entspricht die Drehung der 3 inneren Kelchblätter dem kurzen Weg der Spirale; die der Corolla dem langen Weg. Trägt man diese Verhältnisse auf die Blüthe von Helianthemum über, so entsprächen die 2 kleinen Sepala bei dieser Gattung dem ersten und zweiten, aus welchen Willkomm[1]) (Linnaea, XXX. 86, 87) einen Epicalyx macht. Demnach entspräche die Wickel von Cistus und Helianthem. dem

[1]) Seine Icon. Flor. Hisp. kann ich nicht vergleichen.

Caryophylleen-Typus und die Förderung geschähe aus dem zweiten Vorblatt. Das eigenthümliche Lagenverhältniss der Petala in Bezug zum Kelch, von dem Spach, Payer, Planchon (Annal. d. scienc. nat. 4 sér. XVI. p. 283) sprechen, habe auch ich beobachtet, ohne bis jetzt den Grund davon auffinden zu können. Auf die höchst oberflächliche Entwicklungsgeschichte Payer's (Organogén.) mich einzulassen, halte ich nicht der Mühe werth. Bei den von mir untersuchten Cistusarten (C. monspel. albid. purpur. finde ich die 5 Carpiden vor die Petala fallend. Bei Helianthem. ist wohl die Stellung der Fruchtblätter anders, als ich in der Flora 1859, p. 307 angegeben.

Passifloreae.

Passiflora. Vgl. Wydl. Mitth. d. Bern. naturh. Ges. 1852, No. 243 u. 244. Flora, 1853, S. 46. Aus dem dort Angeführten geht hervor, dass bei dieser Gattung die Ranke in die wesentliche Sprossfolge aufgenommen ist[1]). Dass ferner das sogenannte Involucrum vieler Arten aus dem Tragblatt der Blüthe und ihren Vorblättern zusammengesetzt ist, durch Hinaufrücken jenes an diese zu erklären. Es geht dieses am deutlichsten aus solchen Arten hervor, bei welchen diese Blätter aus einander rücken (P. vespertition. trifasciata). In Knospen von P. caerulea kann man leicht ihre genetische Succession verfolgen. Zuerst entsteht das Tragblatt, dann folgen die Vorblätter α und β. — Bei den 1blüthigen Arten fällt die Blüthe an demselben Spross constant auf dieselbe Seite, rechts oder links von der Ranke. Bei zweiblüthigen geschieht die Entfaltung der Blüthen entsprechend dem langen Weg der Blattspirale. Die beiden Blüthen sind unter sich antidrom. Die Wendung wie bei den Caryophylleen. Mehr als zweiblüthige Arten konnte ich nicht untersuchen. Der Blüthenstiel ist bald dicht über den Vorblättern, bald etwas höher mit einem Articulus versehen. Die Einsetzung der Blüthe ist die gewöhnliche durch Pros. $\frac{3 + 1/4}{5}$. — Nachträglich noch die Bemerkung, dass das Hinaufrücken der Tragblätter zu den Vorblättern der Blüthe keineswegs vereinzelt dasteht, sondern auch bei andern Pflanzen vorkommt, z. B.

[1]) Die Arbeit von Masters in Eichl. Flor. Brasil. ist mir nicht zugänglich. Nach dessen Teratol. 326 sollen die Ranken von Passiflora und Modecca bisweilen Blüthen bringen.

bei Sarothamnus vulg., Cytisus sessilifol., C. nigricans, Gronovia scand., Ericae sp., Parietariae sp., Thesium etc.

Frankeniaceae.

Frankenia pulverulenta. Der Stengel endet nach 3—7 (meist 5) Blattpaaren, die Kotyledonen mitgerechnet, durch eine Gipfelblüthe. Das Pflänzchen trägt gestauchte und gedehnte Stengelglieder. Das hypocotyle Glied ist gedehnt. Dann folgen Kotyledonen und Primordialblattpaar auf gestauchter Axe; darauf zwei gedehnte Internodien ein unteres kürzeres ein Laubblattpaar tragendes und ein oberes längeres, welches einen 4gliedrigen Blattquirl trägt, welcher durch Zusammenschiebung zweier Paare hervorgegangen ist. Die 2 Paare sind manchmal durch ihren bewimperten Scheidentheil unter sich so verschmolzen, dass sie einen 4gliedrigen Wirtel bilden; andere Mal sind die beiden Paare deutlich aus einander gehoben. Dicht über ihm steht die Gipfelblüthe. — Die Blattpaare scheinen im Allgemeinen rechtwinklig decussirt zu sein; doch fand ich ein Keimpflänzchen, wo die Blattpaare spitzwinklig, also spiralig standen, die Spirale aber nicht abgeschlossen war. — Constant aus Blättern dem zweitobersten Blattpaare der dicht unter der Gipfelblüthe befindlichen Scheinwirtel kommt eine gabelige, die Endblüthe weit übergipfelnde Auszweigung, während das oberste Blattpaar steril bleibt. Jeder Gabelzweig trägt an seinem Ende wieder 2 zu einem Scheinquirl verbundene Blattpaare, und endet über ihnen in eine Blüthe. Aus dem untern Paar (Vorblätter, welche rechts und links liegen,) kommt nun wieder je ein Blüthenzweig, welcher sich wie der erste verhält. Das obere Blattpaar bleibt steril. Die Gabelzweigung setzt sich auf dieselbe Weise noch mehrfach fort. Die zusammengehörigen Gabelzweige sind jedoch bald von ungleicher Stärke. Die stärkern (nach dem Tragblatte des Mutterzweiges hinfallenden) Zweige, (welche auch manchmal ein accessorisches Sprösschen haben) scheinen dem zweiten Vorblatt anzugehören; sie richten sich senkrecht in die Höhe. Uebrigens enden beide Zweige in Wickelform. Sympodienglieder im Zickzack gebogen. Die Kotyledonar- und übrigen Bereicherungszweige verhalten sich wie die Stengel. Die Einsetzung der Gipfel- und Seitenblüthen scheint durch Pros. von $\frac{3 + 1/4}{5}$ zu geschehen.

Caryophylleae.

Viele Arten von Silene mit zwei wesentlichen Sprossfolgen sind aufgeführt von Godron (Obs. critiq. 3. l'Infloresc. du genre Silene, zugleich mit guter Beschreibung der Inflor. (Mémoires de la son roy. de Nancy, 1847) und Rohrbach in seiner Monographie, p. 21). Saponaria ocymoides ist einaxig. Was die Einsetzung der Gipfelblüthe betrifft, so setzt sie bei 4-mer. Blüthen die vorausgehende Decussation unmittelbar fort, bei 5mer. Blüthen geschieht sie durch Pros. von $\frac{3 + 1/4}{5}$. Ausnahmsweise, selten durch Pros. $\frac{1 + 1/2}{2}$. Bei Cerastium arvense. Dianthus barbat. und Caryophyll, Gypsoph., repens und Lychnis flos cuculi, bei Lychnis chalced. fand ich einmal Pros. $\frac{3 + 3/4}{5}$.

Velezia rigida. Stengel mit Gipfelblüthe. Die Blüthenzweige mehrfach gabelig verzweigt, und zwar mit vorwaltenden ersten homodromen Zweigen seltener, auch sogleich reine Schraubeln bildend, welche nach 4 Schritten sich vollenden, so dass je die fünften Blüthen über einander fallen. Vorblätter der Blüthe 2, laubig, gleich hoch inserirt, nahe unter der Blüthe stehend. Sympodienglieder gedehnt, ziemlich gleich gross im Zickzack. Eine rückenständige basiläre (auch an den Bereicherungssprossen vorhandene) Schwiele bewirkt die sparrige Ausbreitung der Blüthenzweige. Blüthe mit Unter- und Oberstiel, letzterer kürzer, die aus den Vorblättern hervorgeheneen Schraubelzweige gleicher Abstammung unter sich bald antidrom, bald homodrom.

Silene aspera A. Braun. (Viscaria oculata Lindl. Blüthenzweige constant 3blüthige Schraubeln, mit Förderung aus dem ersten Vorblatt (die Verstäubung der Antheren cyklenweise, centripetal, entsprechend der genetischen Folge der Kelch- und Blumenblätter.

Spergula. Die Blattpaare spitzwinklig in Spiralstellung — Spergula salina, Prels. und Lepigonum rubrum Wahlenb. haben dieselbe Inflor. wie Spergula arvens.

Spergula pilifera; Stengel mit unbegrenzter Laubrosette. Die Seitensprosse kommen nur aus dem ersten Blatt der Paare und enden nach einer unbestimmten Zahl von Laubpaaren durch eine lang gestielte Blüthe. Aus dem ersten Blatt des obersten Paares

kommt ein ähnlich beschaffener Spross wie der erste, wieder mit lang gestielter Blüthe. Dieselbe Verzweigungsweise setzt sich noch zu wiederholten Malen fort. So bilden diese obersten von einander abstammenden sich senkrecht aufrichtenden Sprosse ein Sympodium, dessen Glieder ich am häufigsten homodrom, also in Schraubelform fand, während nur selten antidrome darunter liefen. Auf ähnliche Weise wiederholt sich die Auszweigung aus den fertilen (ersten) Blättern der Sympodienglieder.

Lepyrodiclis holosteoides Fenzl. Der oberste Zweig des Stengels und der Bereicherungszweige (welcher dem ersten Blatt des obersten Paares angehört), richtet sich den Gipfel des Stengels an Stärke weit übertreffend) senkrecht auf, das viel schwächere oberste Stengelglied seitwärts schiebend und mit ihm eine unächte Gabel bildend. Blüthen in 8—10mal dichotomen Dichasien, jedoch mit vorwaltend zweiten Zweigen, welche sich ebenfalls senkrecht aufrichten und die ersten Zweige bei Seite schieben. Sympodienglieder anfangs stark gestaucht, verlängern sich während des Blühens bis auf 2 Zoll und darüber. Vorblätter der Blüthen in den höhern Auszweigungen stufenweise kleiner. Inflor. gleich der von Stellaria graminea. Einsetzung der Gipfel und Seitenblüthen durch Pros. $\frac{3+\frac{1}{4}}{5}$.

Paronychieae.

Telephium Imperati L. Die Blüthenzweige kommen theils aus den Achseln von Hochblättern, aber auch (wenigstens an cultivirten Exemplaren) aus bis 5 der obersten Laubblätter. Meist sind es sogleich einfache Wickeln; selten beginnen sie dichasial.

Uebrigens bringen auch einzelne aus tiefern Blattachseln der secundären Zweige entspringende tertiäre Zweige noch einige Laubblätter nebst einer Inflor. — Die Blüthenzweige erscheinen nicht ausschliesslich knauelig, sondern bisweilen auch in Doldenform. Dolde 7—9strahlig.

Illecebrum verticillatum L. Meist 3blüthige Dichasien in den Achseln der Laubblätter. Blüthen mit 2 den Stipuln der Laubblätter ähnlichen weissen häutigen Vorblättchen. Bisweilen mit 4 Blüthen, alsdann mit Förderung der antidromen Blüthe aus dem zweiten Vorblatt. — Nach Koch (Deutschl. Flora) sollen die Blätter ohne Stipulae sein. Ich finde vielmehr eine zweiöhrige Stipula in-

tranea (Ligularbildung). An den Tragblättern der Blüthenzweige ist sie mehr zugerundet und mit einer seichten Bucht versehen und anfangs die Blüthenknäuelchen einhüllend.

Paronychia. Wuchs wie bei Herniaria. Bei den von mir untersuchten Arten (P. arabica, bonariensis, argentea) kommen die eine Gabel bildenden als Inflor. auftretenden Sprosse aus dem obersten Blattpaar des Stengels (resp. der Bereicherungszweige), und zwar gehört der stärkere dem ersten Blatt des Paares an. Die dichasiale Auszweigung entspricht dem Typus der Caryophylleen. Zweige der Dichas. ungleich mit Förderung aus dem zweiten Vorblatt, welchem die antidrom. gedehnten (sympodialen) Zweige angehören, während die Zweige des ersten Vorblattes verkürzt bleiben und deshalb ihre Blüthen in Knäueln tragen.

Anychia dichotoma, Michx. Die aus dem obersten Blattpaar des Stengels (und der Bereicherungssprosse) kommenden eine Gabel bildenden bald antidr. bald homodr. Zweige sind von ungleicher Stärke: der stärkere gehört dem ersten Blatt des Paares an. Die Gipfelblüthe ist bald 5 mer. bald und nicht selten 4 mer. Im erstern Fall eingesetzt durch Pros. $\frac{3 + 1/4}{5}$, im zweiten Fall die Decussation fortführend, wo alsdann der Kelch aus 2 + 2 Gliedern besteht. In 4 mer. Blüthen fand ich stets nur 2 Stamina und 2 Carpiden, beide vor den äusseren Kelchblattcyklus fallend; 5 mer. Blüthen sind bald pentandrisch, bald triandr. Bei 3 Stam. entsprach ihre Stellung der genetischen Folge derselben: das erste fiel vor Sepal. 3, — das zweite vor Sep. 4, — das dritte vor Sep. 5. — Nach neueren Untersuchungen finde ich die Seitenblüthen hie und da vornumläufig, wobei dieselben nach der Abstammungsachse geneigt sind und ihre Vorblätter schwach nach vorn convergiren. Sie finden sich übrigens unter die hintumläufigen ohne Regel gemischt. — Auch an dem zweiten Vorblatt der Blüthen bleibt manchmal der Spreitentheil unentwickelt.

Polycarpon tetraphyllum, L. Die Blattpaare spiralig (wie bei andern Paronychieen). Die 5 mer. Gipfelblüthe schliesst sich an das ihr vorausgehende Hochblattpaar durch Pros. von $\frac{3 + 1/4}{5}$ an; bei selten vorkommenden 6 mer. Blüthen kreuzen sich 2 Kelchblätter rechtwinklig mit dem Hochblattpaar. — Der aus dem ersten Blatt

des obersten Laubpaares des Stengels kommende Bereichungsspross als der stärkere schiebt sich aufrichtend die Gipfelinfl. des Stengels bei Seite. Diess wiederholt sich in gleicher Weise für diesen Spross und die 2är. 3är. u. s. w. Es bildet sich aus diesen obersten von einander abstammenden Sprossen ein Sympodium an dem die succesiven Infloreseenzen seitwärts zu stehen kommen. Diese Sympodien zeigten Schraubelwuchs. Die Seitenblüthen mit Anschluss an's zweite Vorblatt durch Pros. $\frac{3 + 1/4}{5}$. Mehrmals beobachtete ich den zweiten Zweig des Dichasium verlaubt, zum ersten Zweig antidrom.

Drymaria cordata. Wuchs im Wesentlichen wie bei Polycarpon. Auch hier wird die Gipfelinflor. durch den stärkeren Zweig aus dem obersten Laubpaar seitwärts geschoben und eine Sympodienbildung eingeleitet. Die Sprossstellung fand ich bei dieser Pflanze wie bei den Caryphylleen, doch mit einzelnen Anomalien.

Loefflingia hispanica L. Einaxig. Kotyl. L. Z. Die mir vorliegenden Ex. endeten inclus d. Kotyl, nach 6 Blattpaaren durch eine Blüthe. Mit Ausnahme des obersten Blattpaares sind alle übrigen Paare steril. Aus dem obersten Paar kommt eine Gabelzweigung und zwar der stärkere Zweig aus dem ersten Blatt. Jeder Zweig für sich ist ein dichasialer Blüthenzweig mit Förderung aus dem zweiten Vorblatt. Vorblätter laubig. Anschluss der 5 mer. Gipfelblüthe des Stengels und der Zweige mit gewöhnlicher Pros.-Blüthen gestielt, dicht über den Vorblättern. Kelchblätter nach $^{2}/_{5}$ kleiner mit Scheidentheil und den sie begleitenden Oehrchen. (Vulgo Stipulae.) Seltener Fall! Die 2 ersten Kelchblätter noch von der Form der Stengelblätter mit Scheide nebst ihren Oehrchen; bei den 3 übrigen sind die Scheide-Oehrchen mehr haarförmig.

Scleranthеae.

Scleranthus. Blattpaare spitzwinklig.

Mniarum biflorum, Forst. Blattpaare spitzwinklig. Sprosse aus dem einen Blatt der Paare, dichte Rasen bildend. Jeder Spross endet nach einer grössern oder geringern Zahl von Laubpaaren und einem Hochblattpaar durch eine Blüthe. Die Hochblätter unterscheiden sich von den schwach sichelförmig gebogenen pfriemlichen Laubblätter durch ihre ovale Form und häutige Consistenz. In der

Achsel des einen befindet sich eine etwas später als die Gipfelblüthe entfaltende Blüthe, mit 2 den Hochblättern gleichenden nur etwas kleineren Vorblättchen. Meist endet jedes Zweiglein in 2 Blüthen, eine Gipfel- und eine Seitenblüthe, nicht wie die Schriftsteller annehmen, in 2 Seitenbüthen, was blosser Schein ist, welcher daher rührt, dass der Zweig aus dem einen Blatt des obersten Laubpaares stark genug ist, um das 2blüthige kurze Endglied einer relativen Mutteraxe seitwärts zu drängen. Dass hier von diesen 2 Blüthen die eine den Spross wirklich abschliesst, die andere achselständig ist, geht daraus hervor, dass wenn der Gipfel des Sprosses 3blüthig ist, was ich auch beobachtete, die zwei Seitenblüthen dem Hochblattpaar angehörten, und jede mit 2 Vorblättern versehen war, die mittlere ohne solche nur Gipfelblüthe sein konnte. Wo also nur 2 Blüthen vorhanden, ist die letztere durch den Mangel der Vorblätter leicht kenntlich. Die 4 mer. Blüthen (Sepala 2 + 2) setzen die vorausgehende Decussation einfach fort.

Amarantaceae.

Scleropus crassipes, Moq. Bereicherungssprosse und reine Inflor. (Dichasien) ohne Ordnung mit einander wechselnd, jedoch gegen den Gipfel der Sprosse hin, letztere vorherrschend. Der Mitteltrieb der Bereicherungssprosse trägt Laubblätter, beginnt aber mit 2 basilären kleinen schuppenartigen Vorblättern, in deren Achseln ein knaueliges Dichasium sich findet, dessen erstes Vorblatt gewöhnlich steril ist, während das zweite den nach vorn liegenden Zweig gut ausgebildet hat. Die centrale Blüthe am Anfang des Dichasium, männlich, triandrisch bei bald 5- bald 3blättrigem Kelch. Alle übrigen Blüthen des Dichasium weibl. Kelchblätter der männl. Blüthe weiss, häutig, oval mit grünen Mittelnerven; die weibl. spatelig.

Amblogyna persicarioïdes, Raf. Die Blüthenzweige sind Dichasien mit Förderuug aus dem zweiten Vorblatt, zum Typus der Caryophyll. gehörig. Die Blüthen zahlreich, (wenigstens an cultivirten Exemplaren) in Knaueln. Meine Exemplare zeigten ganz vorzugsweise weibl. Blüthen; nur die erste Auszweigung der Dichasien zuweilen auch die zweite besassen eine männl. Blüthe. Der Kelch bei beiden, wenn 5 mer. nach $^3/_5$ deckend, mit gewöhnlicher Pros. Jedoch besitzen die männl. Blüthen oft nur die 3 ersten Kelchblätter oder wenn

auch die beiden andern da sind, sind sie sehr klein. Es kommen nur 3 Staminа vor, welche vor die 3 ersten Kelchblätter fallen. Was den Kelch der männl. Blüthe auszeichnet, ist, dass dessen Blätter bis an den Grund frei sind; die der stets 5mer. weibl. Blüthen sind immer grösser als die der männl., und an der Basis krug- oder trichterförmig verwachsen. — Die Bereicherungszweige verhalten sich wie bei Scleropus. Die Blüthenknäuel drängen sich am Ende des Stengels und der Bereicherungszweige zusammen, durch die Laubblätter unterbrochene Aehren bildend.

Amblogyne Sorei, Asa Gray. Die vorliegenden cultivirten Exemplare finde ich diöcisch. Sowohl männl. als weibl. Blüthen beschliessen ein zweites Axensystem. Der Wuchs im Wesentlichen wie bei voriger. Aus dem Kleinlaub und den Hochblättern des Stengels kommen 2mal dichotome in knauelige Doppelwickeln übergehende Dichasien, welche gegen dessen Gipfel hin sich vereinfachen und armblüthig werden. In der Laubregion bilden die Knauel unterbrochene Aehren; in der Hochblatt-Region hingegen dichte lange Endähren, wie bei Amarantus. Blüthen mit 2 weisshäutigen ovalen oder lanzettlichen Vorblättern, mit grüner Mittelrippe und in einen Mucro ausgehend, die Hochblätter und auch die Kelchblätter ähnlich. Förderung aus dem 2. Vorblatt.

Chenopodeae.

Obione sibirica. Fisch. Kotyl. LlZ männl. Stengel und Bereicherungszweige durch eine winzige männl. Blüthe abgeschlossen. Die Blattstellung der Samenpflanze beginnt mit mehreren rechtwinkligen decussirten Paaren, worauf Spiralstellung folgt. Sie ist stark verzweigt. In jeder Blattachsel finden sich bis sechs absteigend entfaltende sich (ihrer Blattstellung entsprechend) gegenwendig ausweichende Zweige. Die 3—4 obersten sind belaubte blühende Bereicherungszweige mit männl. Gipfelblüthe. Der oberste wächst gewöhnlich eine Strecke weit am Stengel hinauf. Die untersten 2—3 Zweige sind reine Blüthenzweige in Knauelform (an den wenigen zu Gebote stehenden Exemplaren) mit fast nur weibl. Blüthen, unter welchen sich nur einzelne männl. gleichsam verlieren. Ein solcher Knauel kann als 3blüthiges Dichas. aufgefasst werden, mit einer unbestimmten Zahl seitlicher Serial (-accessor.) Blüthen. Die Inflor. dieser Knauel er-

innert ganz an diejenige von Verbascum und Lythrum. Die Blüthen sind ohne Vorblätter. Die Mittelblüthe der Knauel ist gewöhnlich weibl. seltener eine kaum bemerkbare männl.. Sie zeigen viele Verschiebungen und manche Unregelmässigkeiten in ihrer Aufblühfolge. Einzelne Bereicherungszweige, besonders der oberste, lassen deutlich die Dichasienform erkennen.) Bald tragen sie 2 laubige Vorblätter, von denen aber häufig das untere schwindet, bisweilen auch beide. Sie besitzen eine männl. Gipfelblüthe. Aus jedem dieser Vorblätter geht ein Zweig hervor, an kräftigen Zweigen auch mehrere seriale. Die Zweige bilden unter sich eine Gabel und verwachsen nicht selten eine Strecke weit mit einander. Dabei ist der der zweiten Vorblätter der geförderte und richtet sich mehr grad auf. Die dichotome Verzweigung kann sich noch ein paar Mal wiederholen, indem jeder Zweig durch eine männl. Blüthe abschliesst, während die Seitenzweige aus den Vorblättern weibl. Blüthenknauel tragen. Ein reicheres Material wird wahrscheinlich zu dieser Beschreibung noch Manches hinzuzufügen oder zu verbessern finden. Ganz besonders auffalleud ist das verhältnissmässig seltene Vorkommen von männl. Blüthen bei den äusserst zahlreichen weibl., die alle einen gut ausgebildeten Embryo besitzen, ein Fall, den ich auch bei Amblogyne persicarioïdes beobachtete. Hier sei noch bemerkt, dass je die obersten Serialzweige aus der Tragblattachsel in der Richtung der langen Wege der Blattspir. ($^{3}/_{5}$) abweichen; jedoch laufen einzelne Ausnahmen mit unter.

Teloxys aristata, Moq. Einaxig. Kotyl. L. Z. Die Inflor. sind bis 8mal dichot. Dichasien in Traubenstellung (nach $^{3}/_{5}$). Aufblühfolge aufsteigend. Die 2 obersten Stengelblätter wachsen an ihren resp. Dichasien bis an deren Mittelblüthe hinauf. Die aus ihren Achseln hervorgehenden Dichasialzweige übergipfeln weit die Endblüthe des Stengels. Zweige der Dichas. ungleich; die geförderten sind die zweiten Zweige, wie aus der manchmal deutlichen Aestiv. des Kelches hervorgeht. Blüthen ohne Vorblätter. Die Bereicherungszweige verhalten sich wie der Stengel. Die Angabe der Flores in racemos dichot. subcorymbos. dispos. bei Moquin (in Dc. prod.) ist nicht richtig; eben so unrichtig ist es, wenn es dort heisst. Post anthesin florib. delapsis, ramuli nudi, demum aristati. Diese sind gleichzeitig mit den Blüthen vorhanden.

Chenopodium polyspermum L. Seither beobachtete ich

Exemplare mit deutlich den Stengel (resp. Bereicherungszweige) abschliessender Gipfelblüthe, deren Kelch der vorausgehenden Blattstellung ($^3/_8$, $^5/_8$) sich unmittelbar anschloss.

Blitum capitatum L. Stengel durch eine gestielte Gipfelblüthe abgeschlossen, welche dicht neben den 1—2 obersten Knaueln steht, während ich bei B. virgatum keine bemerkte. Sie zeigte mir einen 5mer. die vorausgehende Blattstellung ($^2/_5$) fortsetzenden Kelch. Die kugeligen Knauel sind Dichasien, welche durch eine Furche in eine rechte und linke Hälfte von einander getrennt sind. In der Furche befindet sich eine Centralblüthe, die bisweilen fehl schlägt. Die weitere Auszweigung der Dichas. geschieht bei beiden Arten wahrsckeinlich in Doppelwickeln (ähnlich wie Urtica pilulif.) ist aber wegen der Verschiebungen der Blüthen und Fehlschlagen einzelner schwer zu verfolgen. Sämmtliche Blüthen ohne Vorblätter. Entfaltung der Knauel aufsteigend. Diese sind bei beiden Arten dem Stiel ihres Tragblsttes eine kurze Strecke weit aufgewachsen.

Monolepis chenopodioïdes, Moq. Zweiaxig: 1) Kot. Ll. 2) (h) Z. Blattstellung am aufgeschossenen Stengeltheil (resp. Bereicherungszweig) $^5/_8$, Stengelbasis dicht beblättert, mit Bereicherungszweigen. Blüthen in den Achseln aufwärts kleiner werdender Laubblätter, in aufsteigend entfaltenden Knaueln. Es sind Dichasien, welche nach einer Gabelung beiderseits in Doppelwickel übergehen. Moquin (in Dc. prod.) frägt: „an calyx nullus & flos. unibracteatus. Das manchmalige Auftreten eines Seitenblättchens ausser dem gewöhnlichen, in der Mediane stehenden Blättchen möchte dafür sprechen, dass man hier einen Kelch vor sich hat. Man könnte annehmen, dass der Kelch aus 2 + 2 Gliedern besteht, von denen sich gewöhnlich nur das vordere mediane [1]) und manchmal bei der Primablüthe auch noch ein seitliches ausbilde. Bei dieser Annahme fehlten die Vorblätter. Der Form nach könnten zwar die vermeintlichen Kelchblätter wohl auch für Vorblätter gelten. Anfangs aufrecht, krümmen sie sich später hackenförmig auswärts und gewinnen so ein sparriges Aussehen. Sie vergrössern sich während der Entfaltung der Blüthen noch bedeutend, so dass die Mittelblüthe der Dichasien das grösste besitzt, die der übrigen Blüthen stufenweise

[1]) Vor dieses mediane fällt constant das einzige Stamen.

kleiner werden. Den letzten Blüthen der Wickel fehlen sie auch manchmal ganz, wie bei vielen Labiaten werfen sich die Blüthen der Wickeln unter spitzen Winkeln nach vorn.

Portulacaceae.

Der Kelch der Gipfelblüthe schliesst sich unmittelbar an die vorausgehende Blattstellung an. Seitenblüthen haben mediane, zu den Vorblättern decussirte Kelchblätter. Die Aetiv. der Corolle zeigt bei allen hier genannten Gattungen $^3/_5$ Deckung durch $\frac{3+{}^1/_4}{5}$ in den Kelch eingesetzt (jedoch mit einzelnen Anomalien). Ebenso verhält sich die Aestiv. der Corolle bei den verwandten Gattungen Basella und Boussingaultia.

Portulaca pilosa, L. Einaxig. Kotyl. L...HZ. Stengel und Bereicherungszweige oft mit $^5/_8$ St. der Blätter, welche gegen den Gipfel hin zu einer Art von Hülle zusammentreten und hier $^8/_{13}$ Stellung zeigen. Solcher Hüllblätter, die immer steril sind, zählte ich bis 14. Was ihre Grösse betrifft, so sind die tiefern oft kleiner als die höhern. Auf sie folgen 2 schuppenartige, häutige aus breiter Basis spitzige röthliche Hochclätter und auf sie die Gipfelblüthe, deren Kelch ohne Pros. anschliesst. In der Achsel jedes Hochblattes befindet sich eine 2blüthige Inflor. Vorblätter der Blüthen den Hochblättern ähnlich, immer etwas kleiner.

In der Aestivation sind die Petala mehr weniger bald einzeln, bald mehrere umeinander gerollt; entfaltet decken sie sich meist nach $^3/_5$, die Rollung scheint gewöhnlich dem kurzen Weg zu entsprechen.

Vor dem Blühen sind die den Gipfel des Stengels etc. einnehmenden Hüllblätter sternförmig ausgebreitet, nach dem Blühen sind sie zurückgeschlagen.

Calandrinia. Einaxig. Der Kelch der Gipfelblüthe stets an die vorausgehende $^5/_8$ oder auch $^3/_5$ St. der Blätter unmittelbar sich anschliessend. Was Flora, 1851, S. 347 von der Inflor. gesagt ist, passt unter anderem ganz auf C. compressa, Schrad. Bei dieser Art bleibt das erste Vorblatt der Blüthe steril und basilär am Zweig. Auch kommt es bisweilen bei ihr innerhalb der einfachen Wickel zur Dichasienbildung, indem auch der Zweig aus α sich entwickelt; wodurch dann eine Doppelwickel sich bildet. Flora, l. c.

ist im Artikel Calandr., Zeile 8 von oben, zu lesen: „Winkel“ statt Wickel. — Bei allen Arten stehen die Sepala der Seitenblüthen median.

C. discolor, Schrad. (Bot. Magaz. 3357.) Zeichnet sich von den übrigen mir bekannten Arten durch die Anwesenheit von wenigen Hochblättern aus, sowie durch die ganz verschiedenen Vorblätter der Blüthen und in der Infl. hie und da vorkommende Anomalien. Aus den 2 obersten, oft auch nur aus dem obersten Hochblatt entspringt eine gewöhnlich einfache Traubenwickel, seltener beginnt sie dichasial und wird zur Doppelwickel, wobei aber der Zweig aus α armblüthig bleibt. Gerade hier fand ich die Mittelblüthe mehrere Male vornumläufig, die Vorblätter convergirten dabei nach vorn, das erste Kelchblatt fiel median nach hinten. Es giebt auch Fälle, wo die einfache Blüthenwickel nach einer Anzahl von Blüthen sich plötzlich gabelt und dann als Doppelwickel fortsetzt. Ja ich fand ein paar Mal selbst statt „Wickelbildung“ Schraubelbildung, und zwar mit Förderung aus β. Vorblätter der Blüthen oval oder auch lanzettlich spitz meist, nahe an einander stehend, seltener schwach aus einander gerückt (selbst metatopisch, wobei α über β zu stehen kommt.) Blüthe meist nur mit Unter- und Oberstiel, selten auch mit Mittelstiel. Aus den Unterstielen baut sich das sehr gerade Sympodium auf; der Oberstiel trägt die Blüthe. Die Förderung geschieht aus dem 2ten etwas grössern Vorblatt. — Die Wendung der Blüthen scheint (nach der Stellung der Vorblätter und der Aestivation der Corolle beurtheilt), bald den Caryophylleen, bald dem Ranunculus-Typus zu entsprechen. Die Blüthenstiele zur Blüthezeit senkrecht aufgerichtet, zur Fruchtzeit knieförmig abwärts gebogen.

Calandrinia umbellata, DC. Die blühenden Sprosse niederliegend, durch eine Gipfelblüthe abgeschlossen, an der Stengel- (oder Zweig)- Basis über den dicht gestellten Laubblättern zu einem ovalen Knöllchen angeschwollen. Die kleinlaubigen Blätter des aufgeschossenen Stengels steril. mit Ausnahme der 4—5 obersten kleinsten, welche Tragblätter der doldig zusammengestellten das Ende des Stengels einnehmenden Blüthenzweige sind. Die letztern entfalten sich, nachdem sich zuerst die Gipfelblüthe geöffnet, in absteigender Folge. Es sind einfache, selten Doppel-Schraubeln, und zwar mit Förderung aus dem zweiten Vorblatt, was um so auffallen-

der, als bei den übrigen Calandrinia-Arten ganz im Gegentheil die antidromen Zweige dem zweiten Vorblatt angehören. Die Blüthen ziemlich lang gestielt; jede Blüthe mit 2 seitlich hinfälligen Vorblättchen, wovon das untere kleinere, sterile basilär an seinem Stiel steht, das obere, aus dem die homodromen Blüthen ausgehen, das grössere ist. Die Vorblättchen nach ihrer Abgliederung einen Stollen hinterlassend; Schraubelzweige gedehnt, reihen sich zur Fruchtzeit zu einem grad gestreckten Sympodium über einander. Jedes Glied des Sympodiums besteht aus einem untern, dickern, und einem obern, dünnern Internodium; erstere bilden das eigentliche Sympodium, letztere die Blüthenstiele. Die Blüthen umstehen das Sympodium wendeltreppenartig, so dass je die fünfte Blüthe über die erste zu stehen kommt, und also die Schraubel in 4 Schritten einen Umlauf vollendet. Die ungleich hohe Insertion der Vorblätter ist deutlich erkennbar. Die Schraubeln derselben Dolde sind pöcilodrom. Sind Doppelschraubeln vorhanden, so fand ich sie unter sich bald gleich-, bald gegenwendig.

Monocosmia corrigioloïdes verhält sich wie Calandrinia; hat meist einfache, zuletzt sehr gerad gestreckte Traubenwickeln, doch fand ich auch dichasial anfangende Blüthenzweige, wobei aber doch der Zweig aus dem zweiten Vorblatt der vorherrschende, welcher sich selbst, nachdem er eine einfache Wickel bildete, mit deren sechster Blüthe wieder gabelte und so wieder zur Doppelwickel wurde. Bei dieser Pflanze wachsen nicht selten die 2—3 obersten Blüthenwickeln eine Strecke weit zusammen (wie bei Corrigiola); es wachsen ferner ihre Tragblätter an ihnen hinauf, so dass sie sich dann oberhalb der Gipfelblüthe des Stengels befinden. Sepala der Seitenblüthen median, Petala 2 + 2; die 2 äussern grössern mit den Sepalen wechselnd. Stamina 2, vor die innern Petala fallend. Stigmata 2, vor den äussern Petalen stehend.

Claytonia perfoliata Don. (Cl. cubensis. Bonpl.) Stengel bei dieser (u. Cl. alsinoïdes Sims) eine unbegrenzte Laubrosette bringend. Blüthenzweige (zweite Axen) in den Achseln der Rosettenblätter, mit aufsteigender Entfaltungsfolge, lang, schaftähnlich, durch eine Gipfelblüthe abgeschlossen, mit 2 laubigen, seitenständigen, selten freien, meist unter sich becken- oder kragenartig oder auch schildförmig verwachsenen, die Blüthen anfangs tutenartig ein-

hüllenden Vorblättern, welche ungleichseitig, aber unter sich symmetrisch sind. Der Blüthenzweig beginnt dichasial, geht aber sogleich nach der ersten Gabelung in eine Doppelwickel über, indem aus jeder Vorblattachsel eine meist einfache, selten noch einmal gedoppelte Wickel kommt. Andere Mal bildet sich selbst nur ein Zweig der ersten Doppelwickel aus. An der Basis jeder Wickel findet sich meist mehr oder weniger nach hinten gerückt ein bald mehr in die Ebene des kragenartigen Vorblatts fallendes Vorblatt zweiten Grades von ovaler Form; bei Doppelwickeln findet sich jederseits ein solches; bei einfacher Wickel ist nur eines vorhanden. Diese Vorblätter sind wegen ihrer eigenthümlichen Stellung etwas schwer unterzubringen; jedenfalls sind sie wohl als zweites Vorblatt der ersten Blüthe der Wickeln zu deuten. Ob sie wirklich distich in einer Ebene mit den kragenartig verwachsenen Vorblättern stehen, lasse ich unentschieden. Was dafür sprechen möchte, ist, dass die Mittelblüthe des Dichasiums ihr erstes Sepalum manchmal ebenfalls in die Ebene der Vorblätter gestellt zu haben scheint, gleichsam die distiche Stellung fortsetzend. Doch könnte dies vielleicht eine Folge secundärer Verschiebung sein. Mit Ausnahme der untersten Blüthe der Wickel, sind alle folgenden, sie zusammensetzenden Blüthen ohne Vorblätter. Wickeln anfangs sehr stark eingerollt, reichblüthig, später zu einem sehr geraden Sympodium gestreckt, dessen Glieder (wie bei Alchemilla und Asperugo) sehr ungleich sind, so dass sich die Blüthen (so meist auch am Anfang der Wickel) dicht über einander gleichsam büschelartig zusammendrängen, auf welche dann ohne bestimmte Ordnung langgedehnte Glieder folgen, deren Blüthen traubenartig aus einander gerückt sind. Blüthen übrigens sämmtlich gestielt. Blumenkrone nach $^3/_5$ deckend.

Bei Claytonia alsinoïdes, Sims. sind die den kragenartigen Vorblättern von Cl. perfol. entsprechenden Vorblätter getrennt; selbst innerhalb der Wickel haben die Blüthen bisweilen 2 Vorblätter; häufiger jedoch nur die zweiten, aus welchen die wickelige Auszweigung fortsetzt. — Bei beiden oben genannten Arten glaube ich bei Doppelwickeln einige Mal Homodromie beider Zweige beobachtet zu haben.

Talinum patens, W. Der Stengel trägt am Ende eine traubenförmige Inflor. und schliesst in eine zuerst entfaltende Gipfel-

blüthe. Die Traubenzweige entspringen aus den Achseln der obersten Laubblätter und der hinfälligen Hochblätter; sie verzweigen sich mehrmals (bis 3mal) dichasial, jedoch mit ungleichen Seitenzweigen, mit Förderung aus dem zweiten Vorblatt? Blüthen lang gestielt, mit 2 gleich hoch inserirten hinfälligen Vorblättchen. Kelchblätter der Seitenblüthen (wie bei alllen Portulaccaceen) median, das deckende nach vorn. Mit Ausnahme der Gipfelblüthe kommt die Gesammt-Inflor. mit derjenigen von Scrofularia überein.[1])

Ficoïdeae.

Aïzoon canariense, L. Flora, 1851, S. 354 ist Zeile 11 von oben statt „wo er" zu setzen: ein Zweig. — Oft ausserordentlich stark verzweigt, das prachtvollste Dichasium bildend, Sympodien allseitig, auf dem Boden ausgebreitet, nicht wurzelnd, oben flach, jedes Glied von einer Rinne durchzogen, welche die Grenzlinie zwischen den Zweigen α und β bezeichnet und deshalb von Glied zu Glied wechselt. Auf der Unterseite sind die Glieder zugerundet. Auffallend genug ist bei einer so reichlich verzweigten Pflanze das constante Hinzukommen unterständiger accessorischer Zweige. Sie bilden unter sich wieder kleine mit 2 Vorblättern beginnende Dichasien, denen aber nicht selten die Blüthe fehlt. Sepala 1 und 2 ohne häutige Berandung, Sep. 3 auf der gedeckten Seite, Sepala 4 und 5 beiderseits häutig berandet.

[1]) Die Blattstellung dieser Pflanze zeigt manches Eigenthümliche. Sie besteht aus meist aufgelösten unter spitzen Winkeln sich kreuzenden Blattpaaren, welche bereits mit den auf die Kotyledonen folgenden Paar beginnen. Sowohl am Stengel als an den Zweigen fand ich am öftersten das fünfte Blattpaar wie das erste gestellt. Die Zweige beginnen mit 2 rechts und links gestellten, kleinen (Niederblattartigen) Vorblättchen. Mit ihnen kreuzt sich ein ihnen ähnliches nur grösseres median nach Vorn stehendes (durch Pros. $\frac{1 + \frac{1}{2}}{2}$ eingesetztes Blatt (zu dem vielleicht ein gegenüber liegendes fehlschlagendes, das Paar ergänzendes gehört, dann folgt ein ausgebildetes Laubpaar, welches in die Ebene der beiden Vorblätter fällt (also wieder durch $\frac{1 + \frac{1}{2}}{1}$ Pros. einges), an dieses schliessen sich die unter spitzen Winkeln stehenden Blattpaare an, von denen das fünfte über jenes fällt. Uebriges kommen auch noch andere schwankende (zwischen $\frac{2}{3}$ und $\frac{5}{8}$?) und schwer zu deutende Blattstellungen vor, welche ich hier übergehe. Die obersten Stengelblätter, sowie die Hochblätter zeigen oft $\frac{5}{8}$ St. letztere bisweilrn auch $\frac{2}{7}$. Die einzige vorliegende Saamenpfl. von Talin. Moritzii zeigte auf die Kotyledonen folgend 2 rechtwinklige decuss. Blattpaare; dann begann Spiralstellung der Paare, wobei bereits je die dritten Paare die Spirale abschlossen.

Mesembryanthemum cordifolium, L. Der 4mer. Kelch (2 + 2) setzt die vorausgehende Decussation fort.[1]) Die Blüthenzweige dichasial beginnend, mit Förderung aus dem grössern Vorblatt β in Wickel übergehend.

M. crystallinum, L. Bei dieser Art gehen den relativen Gipfelblüthen 2—5 Laubblätter voraus, am häufigsten 3. Die 2 untersten sind die ächten Vorblätter der Zweige; sie stehen rechts und links unter der Div. $\frac{1}{2}$. Das dritte und die folgenden bilden den Anfang einer $\frac{3}{5}$ Spir., welche in den Kelch der Gipfelblüthe fortsetzt, weshalb denn die Stellung ihrer Kelchblätter je nach der Zahl der vorausgehenden Blätter wechselt. In den höchsten Auszweigungen bleiben endlich nur noch die beiden (ungleich hoch inserirten Vorblätter übrig[2]), an welche sich alsdann der Kelch der Mittelblüthe durch Pros. $\frac{3 + \frac{1}{4}}{5}$ anreiht. Mit ihnen beginnt Dichasienbildung der Inflor. mit ungleich starken Zweigen und Förderung aus dem grössern zweiten Vorblatt. Blüthenwendung wie bei den Caryophyll.) Die geförderten Zweige strecken sich zu einem geraden senkrecht aufgerichteten Sympodium, wobei der Zweig aus dem untern Vorblatte und derjenige des ersten spiralig stehenden Blattes (wenn der Zweig 3 Blätter hat) von dem stärkern geförderten zweiten Zweig übergipfelt und seitwärts geworfen werden. — Die Aestivation des Kelches sehr deutlich, die 2 ersten Sepala oft sehr gross, das 4. und 5. oft sehr klein, das 3. als halb bedeckt, ungleichseitig.

M. nodiflorum hat nach Bravais (Annal. d. sc. nat. 2 sér. VII. 326) ebenfalls Blüthen mit 3 Vorblättern. Er rechnet diesen Fall zu seinen „cimes trinodales.“

Lineae.

Linum. Einaxig. Der Kelch der Gipfelblüthe an Stengel und Bereicherungszweigen ohne Pros. an die vorausgehende Blattstellung anschliessend. Blüthen mit 2 bald gleich hoch (L. Radiola, campan. flavum cathart.), bald ungleich hoch inserirten Vorblättern

---

[1]) Arten mit foliis oppos. und 5 mer. Kelch haben diesen durch Pros. $\frac{3 + \frac{1}{4}}{5}$ eingesetzt.

[2]) In einem Fall fehlten selbst die Vorblätter; die Aestivation des Kelches zeigte die Pros. $\frac{3 + \frac{1}{2}}{5}$.

(L. maritim. usitatiss. austriac. grandiflor. etc.) Im erstern Fall besteht der Blüthenstiel aus Unter- und Oberstiel; im zweiten ist auch der Mittelstiel (zwischen den Vorblättern) ausgebildet.

L. maritimum, L. Blüthenzweige ruthenförmig, sind Dichasien, mit ungleichen Seitenzweigen und Förderung aus β. Der oberste Blüthenzweig des Stengels der stärkste sich senkrecht aufrichtend, die Gipfelblüthe seitwärts schiebend, und dessen Fortsetzung scheinend. Auch die geförderten Zweige richten sich senkrecht auf. Die Wendung der Blüthen zeigt nicht selten Anomalien, indem die Blüthen aus den beiden Vorblättern unter sich homodrom sind, mithin von der Symmetrie abweichen.

L. austriacum, L. Die 2—3 obersten einen Corymbus bildenden Blüthenwickeln des Stengels wachsen oft an ihm eine Strecke weit an, wodurch sie von ihren resp. Tragblättern entfernt erscheinen. Die Traubenwickeln sehr reichblüthig ruthenförmig mit zuletzt sehr gerad gestrecktem Sympodium. Die Blüthenstiele wachsen immer eine grössere oder geringere Strecke an dem nächsthöhern Zweig hinauf. In den sonst durchweg einfachen Wickeln dieser Art beobachtete ich einmal eine solche, wo auf 16 Blüthen plötzlich Gabelung eintrat, indem auch das untere Vorblatt fertil war und so sich eine Doppelwickel gestaltete.

L. grandiflorum, Desf. Die Zweige aus den 3 obersten Stengelblättern (resp. aus den 2 obersten der primären Zweige) sind einfache bis 12blüth. weit übergipfelnde Traubenwickeln, mit schwach zickzackförmig gebogenem Sympodium. Förderung aus dem zweiten, etwas grössern Vorblatt. Einmal beobachtete ich in der Achsel des ersten Vorblattes einen Laubzweig.

Oxalideae.

Oxalis valdiviensis. Stengel gestaucht, daher die Blätter dicht über einander folgend, nach $^{8}/_{13}$ gestellt.[1]) Blüthenzweige schaftförmig, noch einmal so lang als ihre Tragblätter, walzlich, an der Basis dicker und daselbst in der Höhe der Articulation ihres Tragblattes ebenfalls articulirt. Jeder Schaft bildet am Ende eine reine reiche Doppelwickel, deren Blüthen anfangs überhängen und stufenweise kürzer gestielt sind. Vorblätter der Blüthen 2, flach-

---

[1]) Der Wuchs gleicht ganz dem von Claytonia virginica.

pfriemlich in den höhern Auszweigungen kleiner werdend; β das grössere dem geförderten Zweige angehörig. Die anfangs doldenähnlich zusammengeschobenen Blüthenstiele rücken durch die Entwicklung der Sympodienglieder (Unterstiele) aus einander, die Fruchtstiele sind knieförmig abwärts gebogen, alles wie bei Spergula arvensis.

Geraniaceae.

Geranium anemonefolium, Lherit. Die Hauptaxe ist unbegrenzt und trägt an ihrem Ende eine dichtblättrige Laubrosette. Aus den Achseln ihrer Blätter entspringen die dichasialen Blüthenzweige, die sich von den inländischen Arten hauptsächlich dadurch unterscheiden, dass sie vorzugsweise nur Hochblätter tragen, wovon die 2 untersten den laubigen Vorblättern anderer Arten entsprechen, die 2 höhern spiralig stehenden ebenfalls mit den 2 unter der Gipfelblüthe des Zweiges übereinkommen. Jedoch hat hierin ein gewisser Stufengang statt. Das Dichasium beginnt nämlich oft noch mit 2 laubigen Vorblättern, wobei aber α doch oft etwas kleiner als β ist, welch' letzterm der geförderte antidrome Zweig angehört. In den höhern Auszweigungen des Dichasiums werden die Vorblätter gradweise kleiner und es schwindet nach und nach die Spreite, nur die beiden Stipulae zurücklassend; endlich findet sich an der Stelle der Vorblätter nur noch ein einfaches den Hochblättern ähnliches Blättchen. Dabei bleibt β das grössere und immer fertil. Durch diese Reduction der Vorblätter bekommt das Dichasium ein eigenthümliches von dem anderer Arten abweichendes Aussehen, obgleich es in seinen Auszweigungen ganz den anderer Arten entspricht. Nur dadurch bekommt die Inflorescenz ein complicirteres Aussehen, dass das untere Hochblatt statt, wie gewöhnlich, einblüthig zu sein, wieder in ein Zweiglein mit 2 Vorblättern und 2 Hochblättern endet und ausser der Endblüthe noch eine Blüthe aus dem zweiten Vorblatt und ebenfalls eine solche aus dessen unterm Hochblatt ausschickt.

Einmal beobachtete ich in der Achsel des untern Hochblattes eine vornumläufige Blüthe. Corolle in der Knospe meist nach dem langen Weg der Kelchspirale gedreht.

Das mit voriger Art nahe verwandte Geranium canariense kommt in Wuchs und Tracht mit demselben überein. An den vor-

liegenden cultivirten Exemplaren zeigen die Dichasien mit Ausnahme der laubigen Vorblätter ersten Grades, diejenigen aller höhern Auszweigungen auf die Stipulae meist ohne alle Spreitenspur reducirt. Vorblätter der dem untern Hochblatt angehörigen Blüthe basilär am Blüthenstiel.

G. sanguineum, L. Im Mai 1873 fand ich im Berner botanischen Garten ganze Stöcke mit 2blüthiger Inflorescenz.

G. Endresii, Wuchs wie bei G. sylvat. Der Gipfelblüthe gehen nur wenige durch lange Internodien aus einander gerückte Laubblätter voraus, die Blüthenzweige sehr lang. Vorblätter derselben stufenweise kürzer gestielt, mit lineal-lanzettlich stengelständigen Stipuln. Hochblätter stipulähnlich, nur kleiner. Inflor. ganz die der übrigen Arten. Vorblätter der Blüthe aus dem untern Hochblatt basilär.

G. aconitifolium, L'Herit. Wuchs wie bei G. sylv. u. and. Infl. ganz die der übrigen Arten. Die laubigen stufenweise mit den Auszweigungen kleinern Vorblätter der Blüthenzweige sehr kurz gestielt, zuletzt sitzend und mit stengelständigen Stipeln, welche deutlich der schmalen mit dem Zweig verwachsenen Scheide aufsitzen: jedes Vorblatt gerade die Hälfte des Zweiges einnehmend. Sympodienglieder $1\frac{1}{2}$—2 Zoll lang, schwach im Zickzack gebogen. Vorblatt β das grössere. Corolle gedreht nach langem Weg des Kelches.

G. albanum. Infl. wie bei den andern Arten; die laubigen Vorblätter stufenweise kleiner. Dichasien zuletzt durch Abortus der Zweige aus α in reine sehr reichblüthige sich weit auf dem Boden ausbreitende Wickel übergehend. Aestiv. der Corolle wie bei voriger, jedoch oft mit Störungen.

Erodium. Da bei allen von mir untersuchten Arten die Kelchstellung der Gipfelblüthe der Blüthenzweige ganz mit derjenigen von Geranium übereinkommt, so zind bei Erodium auch uur 2 Hochblätter anzunehmen, aus denen eine Schraubelzweigung ausgeht, was auch dadurch bestätigt wird, dass bei E. gruinum ausser der Gipfelblüthe nur die 2 Hochblätter eine Blüthe besitzen, indem es bei ihr gar nicht zur Schraubelzweigung kommt. Alle übrigen den Kranz oder Kragen unter der Infl bildenden häutigen Blätter sind wohl zumeist Vorblätter der Blüthen, wohl nur selten Stipulbildungen [1]).

[1]) Bei E. gruinum ist das erste Hochblatt oft gespalten nnd hier offenbar Stipelbildung. Die Blüthe aus diesem Hochblatt hat oft 2 Vorblättchen.

Bravais und Payer schreiben dieser Gattung Wickelbildung zu, was ich einmal nicht finden kann. Im Uebrigen werden die Blüthen durch gegenseitigen Druck vielfach aus ikrer normalen Lage verschoben. Merkwürdig ist die Aufblühfolge der beiden Schraubeln. Zuerst entfaltet die Mittel (Gipfel-)-Blüthe, darauf folgt die Blüthe aus dem untern Hochblatt, dann die aus dem obern Hochblatt und nun folgen wechselnd eine Blüthe der einen und dann der andern Schraubel, was wohl Veranlassung war, in der Inflor. eine Wickel zu erblicken.

Malvaceae.

Die Blüthen beschliessen ein zweites Axensystem, ausgenommen bei Althaea, welche schon an der Hauptaxe durch eine — zwar selten zuerst aufschliessende — Blüthe endet. Flora, 1851, S. 349, ist im Artikel 18, Malvac., Zeile 5 von oben, nach „Blüthenwickel" zu setzen: „oder, und zwar gewöhnlich ist der untere Zweig ein Bereicherungszweig, welcher höher am Stengel schwächer wird und endlich ausbleibt, so dass Mittelblüthe und Blüthenwickel allein übrig bleiben. — l. c. S. 350 ist der Satz: Merkwürdig — homodrom zu streichen, da, was ich dort sagte, nicht immer zutrifft. — Der Zweiganfang der neben der Infl. befindlichen Bereicherungszweige bietet manche Anomalien, auf die hier nicht eingegangen werden kann.

Malva verticillata. Die Blüthen stehen nicht in Wirteln, sondern bilden achselständige knauelige Inflor., ganz von der Natur der übrigen Malvaarten; sie sind gegen den Gipfel hin fast ährenförmig zusammengedrängt, und die Tragblätter der Blüthen sehr reducirt. Die Carpiden zeigten mir 4gliedrige wechselnde Wirtel; 2/9 St. und 6gliedrige wechselnde Wirtel.

M. mauritiana, L. Die Mittelblüthe fand ich ein paar Mal vornumläufig; von den 3 Hüllblättern fiel nämlich eins median nach vorn, die Zweige Doppelwickeln bisweilen homodrom.

Althaea officinal, L. Die knaueligen armblüthigen Doppelwickeln bisweilen an beiden Zweigen gleichwendig. Vorblätter der Blüthen lineal stipulähnlich, doch bisweilen das zweite völlig laubartig.

Blüthenzweige mit 3 der Mittelblüthe vorausgehenden Blättern fand ich hie und da vornumläufig, was auch durch die Aestivation der Mittelblüthe bestätigt wurde.

Malope grandiflora. Das unpaare Blatt des 3gliedrigen Hüllkelches scheint median nach vorn zu stehen; ebenso fällt ein unpaares Kelchblatt vor dieses Hüllblatt, im Gegensatz zum Hüllkelch von Lavatera und Malva. Die Kelchstellung ist mir so befremdend, dass ich mir darüber keine Rechenschaft geben kann, und doch schien sie mir noch so in den jüngsten noch zugänglichen Knospen zu sein. Worauf ich hier aufmerksam machen möchte, ist die Stellung der Stamina, die übrigens als Norm für alle Malvaceen gilt. Die Stamina stehen deutlich in 10 Orthostichen, welche wechselnd vor die Sepala und Petala fallen. Jede Orthostiche besteht aus 2 parallelen, den gespaltenen Filamenten entsprechenden Reihen. Dieses sieht man sehr deutlich, sowohl im Knospenstand, als wenn man an einer bereits verstäubten Blüthe die Antheren behutsam abschneidet, so dass nur die Staubfadenröhre mit den Filamenten übrig bleibt. Die Röhre zeigt 10 den Orthostichen entsprechende Längskanten, welche durch die verwachsenen Basen der Filamente gebildet werden. Man sieht auf jeder Kante aufs allerdeutlichste, dass die Spaltung der Filamente sich bis an deren Basis erstreckt. Auch kann man bei einiger Aufmerksamkeit den Wechsel der auf einander folgenden Cyklen bemerken. In der Knospe lassen sich, wie bemerkt, 10 Orthostichen erkennen, jede wieder aus 2 parallelen Reihen halbirter Antheren gebildet; so dass man eben so gut auch 20 Reihen abzählen kann. Dabei steigen die zusammengehörigen Antheren der 10 Orthostichen alternative rechts und links auf, so zwar, dass bei Rechtsdrehung der Corolle die vor die Sepala fallenden Antherenhälften links, die vor den Petalen stehenden rechts aufsteigen und vice versa. Gewöhnlich ist der unterste vor den Kelch fallende Stamencyklus gar nicht, oder nur in einzelnen Gliedern entwickelt, was vielleicht durch Druck der umliegenden Blüthentheile zu erklären ist. Nach der Verstäubung treten die Filamente in 5 Orthostichen zusammen, und kommen alsdann scheinbar vor dem Kelch zu stehen. Eine solche Orthostiche besteht aus einer vor ein Sepalum und einer vor ein Petalum fallenden Reihe. Die Ovarien stehen in 10 Zeilen um eine kegelförmige 5kantige, 5seitige Axe.

Vor jede Seite fallen 2 Reihen von Ovarien, entsprechend der Stellung der Sepala. Die Kanten und die ihnen entsprechenden Griffelbündel fallen vor die Petala. Die Anordnung der Ovarien ist wohl die der Stamina. Die Früchtchen zweier benachbarter Reihen treten nachher bogenförmig aus einander; dies geschieht etwas unter der Mitte in der Richtung der Kanten des Griffelcylinders, gleichsam als ob diese einen theilenden Einfluss auf sie ausübten. Durch ungleiche Ausbildung der Früchtchen kommen oft Unregelmässigkeiten in ihrer Stellung vor. An der Basis der Fruchtblattaxe schliessen die Fruchtreihen kranzförmig zusammen.

Auch bei Anoda triloba und bei dem diöcischen Plagianthus discolor (welche nur 3—4 Stamencyklen hat) ist die wechselsweise Anordnung der Stamina schön zu sehen.

Abutilon megapotamicum, St. Hil. (A. vexillarium, Morren.) Blätter distich! mit schmaler Scheide und ungleich grossen Stipuln, welche etwas ungleichseitig sind, bald mehr lanzettlich, bald mehr oval, hinfällig. Blätter antitrop, daher die gleichnamigen Stip. längs des ganzen Zweiges auf dieselbe Seite fallen. Dem entspricht auch die Symmetrie der Zweige. In der Achsel jedes Blattes findet sich eine lang gestielte Blüthe, deren Stiel nahe an der Blüthe etwas verdickt und gegliedert ist. Neben ihr steht ein auch zum Blühen gelangendes Laubzweiglein. Die Blüthe fällt constant auf Seite der grössern Stipula; die Zweige auf die der kleinern Stipula. Um so auffallender ist, dass einzelne Blüthen, wenn man nach der Drehung der Corolla entscheidet, von dieser sonst durchgängigen Symmetrie abweichen, indem nämlich bisweilen 2 auf einander folgende Corollen gleichwendige Drehung haben, obschon die Stellung der Blüthen bezüglich zur Stipula des Tragblattes sich nicht verändert hat, d. h. auf Seite der grössern fällt. Die Drehung der Corolle ist sehr stark und selbst noch in welkenden Blüthen deutlich. Die lanzettlichen Petala sind nach unten verschmälert und ziehen sich an ihrer verwachsenen Basis zu einem Cucullus zusammen, in welchem sich der von einer drüsigen Kelchschicht abgesonderte Nectar ansammelt; auf der innern Seite ist jedes Petalum zur Hälfte purpurroth; die obere Hälfte und die Aussenseite sind gelb. Welk färben sie sich ganz schwarz purpurroth. Der weit aus der Blüthe hervorragende Staubfadenbündel ist schnurförmig zusammen-

gedreht, und zwar an allen mir vorliegenden Blüthen constant rechts, also unabhängig von der Corollen-Drehung. Uebrigens beginnt die Drehung der Staubfadenröhre erst nach völliger Vollendung der (absteigenden) Verstäubung. Vor derselben ist der tubus stam. völlig grade gestreckt; so weit die Filamente mit ihm verwachsen, erstrecken sie sich auf seiner Oberfläche als 10 stärkere (Kelchstaubfäden) und 10 schwächere (Kronstaubfäden) Leisten abwärts. Diese Leisten erscheinen dann später schnurförmig zusammengedreht. Die Drehung geschieht vom obern Ende der tubus aus, absteigend, d. h. von der Stelle, wo die Verwachsung des untersten Stamencyklus beginnt. So weit die Stamina frei sind, sind ihre Filamente und Antheren in 2 Hälften gespalten. Die mit einander wechselnden Stamen-Cyklen lassen sich aufs deutlichste unterscheiden. Der unterste scheint vor die Petala zu fallen. Die 5 Carpiden stehen vor dem (klappigen) Kelch.

Sida Napaea, Cav.[1]) Die Blüthenzweige mit Ausnahme der untersten wachsen am Stengel eine Strecke weit hinauf, bisweilen selbst um eine oder mehrere Internodien, wie bei den Boragineen. Die Verwachsung lässt sich an den Internodien leicht verfolgen. Die Blüthenzweige in den Achseln von Laubblättern aufsteigend entfaltend, sind Dichasien, welche sich meist 2 mal gabeln. Nur die Mittelblüthe ersten Grades hat bisweilen 2 kleine schuppen- oder stipelähnliche Vorblättchen. Von diesen ist das untere hie und da an seinem resp. Blüthenzweig hinaufgewachsen. Ebenso kommen Verwachsungen der Blüthenstiele unter sich vor, so dass es oft schwer hält zwischen α und β Zweig zu unterscheiden. Blüthen sämmtl. langgestielt, mit einer Articulation. Der Drehung der Corolle nach zu schliessen scheint die Wendung der Blüthen bald dem Caryophylleen-, bald dem Ranunculaceen-Typus zu entsprechen. Auch sind die 2 Anfangszweige der Dichasien hie und da unter sich homodrom.

---

[1]) Die Pflanze zeichnet sich durch ihre reichliche Sprossbildung aus den Wurzeln, besonders den stärkern bis Daumes dicken aus, welche von walzlicher Form hie und da Einschnürungen zeigen. Die Sprosse stehen ohne Ordnung, sind im Knospenstand mehr oder weniger keulenförmig und tragen vorzugsweise Stipulae mit weniger ausgebildeter Spreite. Ausserdem treten aus der Stengelbasis noch Erneuerungssprosse, die sich von den Wurzelsprossen nur durch die grüne Farbe unterscheiden.

Der unterste Stamencyklus fällt vor die Kelchblätter. Früchtchen zählte ich am öftersten 8.

Büttneriaceae.

Thomasia solanacea. Die Gesammtverzweigung wickelartig mit 2 laubigen Vorblättern und Förderung aus dem zweiten. Die Zweige verketten sich zu einem sehr grad gestreckten Sympodium. Jeder Zweig endet in eine den Gipfel einnehmende einfache Blüthenwickel, welche selbst wieder aus der Gipfelblüthe des Zweiges und der einem oft geschwundenen Hochblatt angehörigen Wickel zusammengesetzt ist. Die gestielten Blüthen meist nur mit den zweiten Vorblättern versehen, die Unterstiele der Blüthen zu einem zickzackförmigen Sympodium zusammentretend. Das Ganze mahnt völlig an die Verzweigungsweise von Solanum nigrum.

Tiliaceae.

Tilia. Vgl. Flora, 1865, p. 312, wo Folgendes zu verbessern. S. 314, Zeile 5 von oben lese man: „Umwendung" statt Umwandlung. Z. 27 von oben ist α statt β zu setzen. In der Anmerkung, Zeile 5 von unten lese man „tiefern" statt tiefen. S. 315, Zeile 13 und 14 von oben streiche man den Satz — Es ist — bis zeigen. Zeile 23 von oben lese man „Knospe" statt Pflanze. S. 317, Zeile 7 von unten lese man: „des Sépale" statt der. Nach dem oben citirten Aufsatz ist Mehreres zu ändern, was ich in einer kleinen Abhandlung Flora, 1846, No. 24, sagte, besonders, was sich auf die Inflor. bezieht, die ich damals noch für achselständig in dem flügelartigen Vorblatt hielt, während sie in Wirklichkeit central ist, d. h. den Spross beschliesst. In diesem letztern Aufsatz ist zu verbessern, S. 373, Zeile 19 von oben, lese man „nie" statt nur. S. 379 Anmerkung ist zu streichen, was von Fagus gesagt wird.

In Bezug auf die Gattung Tilia sei hier noch bemerkt: Die Stipulae zeigen eine ungleiche Grösse, was auch noch nach ihrem Abfallen an den zurückgelassenen Narben sichtbar. Beziehendlich zum Tragblatt der blühenden Sprosse fällt die grössere Stipula auf die hochstielige Seite der Spreite, die kleinere auf die entgegengesetzte. In Bezug auf den Achselspross fallen die grössere Stipula kürzere Spreitenhälfte und das flügelartige Vorblatt α auf die eine

Seite; die kleinere Stipula der längern Spreitenhälfte und das schuppenartige Vorblatt β auf die entgegengesetzte.

Tilia grandifolia, Ehrh. Seither beobachtete ich mehrere Fälle, wo die mittelständige 3blüthige Inflor. bis an der Basis des Flügels frei, also central, war. Aus der Achsel des Flügels kam eine ebenfalls 3blüthige ihm bis etwas über die Basis angewachsene Inflor. mit 2 flügelartigen, weit auseinander gerückten Vorblättern von beträchtlicher Grösse, wobei aber das untere viel grösser als das obere und steril war.

Tilia parvifolia, Ehrh. Inflor. bis 14blüthig, mit vielen, durch ungleich hohes Anwachsen des Blüthenstieles, vielleicht selbst durch bisweilen vorkommendes Fehlschlagen der Gipfelblüthe hervorgehende Anomalien. Bei cultivirten Exemplaren fand ich auch oft das erste Hochblatt der Inflor. mit 1—2 Blüthen versehen, wo dann das zweite dem Vorblatt β angehörte.

T. argentea, Desf. Die Blüthenzweige mit Einschluss der Gipfelblüthe bilden eine 4strahlige Dolde. Das erste Hochblatt constant steril, die übrigen 3 Hochblätter wachsen bis an die Vorblätter der einzelnen Blüthen hinauf. Die Doldenstrahlen meist 3blüthig, jedoch der aus dem vierten Hochblatt kommende oft nur 1bluthig.

T. americana. Diese Linde bietet so viele Anomalien in der Inflor. dar, dass es schwer hält, sie unter eine Norm zu bringen. Hauptsächlich sind es Metatopien der Blüthenzweige, so wie Verwachsungen mehrerer unter sich, und wie es scheint, auch eine Complication in der Blattstellung einzelner Blüthenzweige, die ausser den Vorblättern noch 1—2 spiralig gestellte Hochblätter bringen. Das letztere scheint hauptsächlich bei dem zweiten Hauptzweig der Inflor. vorzukommen. Geht man von den Fällen aus, wo man eine normal beschaffene Infl. annehmen darf, die mit der Gipfelblüthe eine 5—6strahlige Dolde bildet, so scheint am häufigsten der fünfte Zweig anomaler Inflorescenzen der zu sein, der es in der Metatopie am weitesten treibt, indem er alsdann von allen am tiefsten steht; zugleich ist er länger und stärker als die übrigen und meist horizontal abstehend.

Wie bei den gewöhnlichen Linden ist das erste Hochblatt steril und gliedert viel früher als die übrigen ab.[1]) Letztere rücken im-

[1]) In einem Eall fand ich es hingegen als kleines ungleich dreizackiges Laub blatt ausgebildet.

mer bis an die Basis ihrer resp. Blüthen hinauf. Dasselbe geschieht mit den fertilen Vorblättern der Blüthen. Sind beide fertil, so bilden sie mit ihrem Tragblättchen eine Art 3blättriges Hüllchen Ist nur das eine fertil, so rückt dieses allein hinauf, während das sterile tiefer am Blüthenstiel zurückbleibt. Nicht selten bilden die Hochblätter einen vollständigen $^3/_5$-Cyklus, und oft kommt noch das erste Glied eines zweiten hinzu, welches dann dicht an der Gipfelblüthe steht und sogar manchmal mit ihrem Kelch verwächst. Andere Male trägt er in der Achsel eine Blüthe mit 2 Vorblättern. Auch ihr Stiel wächst oft der Gipfelblüthe auf.

Sparrmannia africana, L. Die Blüthen meist in Doppelwickeln; die Blüthenstiele ziemlich gleich lang, bald näher, bald entfernter von der Blüthe gegliedert, welche Gliederung mit den basilären Vorblättern nichts zu thun hat. Die anfangs überhängenden Blüthen richten sich zur Zeit der Entfaltung successive auf. (Bei 4 Carpiden fallen dieselben vor die Petala. Wenn 5 in 4 mer. Blüthen, fand ich ein unpaares Fruchtblatt vor einem Kelchtheil.

Apeiba australis, Rich. hat die gipfelständige Inflor. wie Sparrm. in Doppel- oder einfachen Wickeln mit Förderung aus β.

Sapindaceae.

Koelreuteria paniculata, Laxm.[1]) Gesammtinfl. eine gipfelständige, reich verzweigte Rispe, ohne Terminalblüthe; die Blüthen die zweiten Axen abschliessend. Die wesentlichen Axen sind traubig gestellte Dichasien, die meist schon nach der ersten Dichotomie in armblüthige, selten gedoppelte, meist einfache Wickeln übergehen. Jede Blüthe mit 2 seitlichen hochblattartigen, ungleich hoch inserirten Vorblättern. Förderung der antidromen Zweige aus dem zweiten Vorblatt. Kelch nach $^2/_5$ deckend, Wendung wie bei Aesculus. Die Mittelblüthe der Dichas. am längsten gestielt, mit Unter-, Mittel- und Obersiel; der Unterstiel der längste; der Oberstiel mit einer Articulation oberhalb der Vorblätter, an welcher die Blüthe leicht abgliedert, die Seitenblüthen sehr kurz gestielt. Sym-

---

[1]) Der Zweiganfang geschieht durch Pros. von $\frac{3 + {}^3/_4}{5}$ an Vorblatt β anschliessend, wodurch das vierte Blatt der $^3/_5$ Spirale vor das erste Vorblatt des Zweiges fällt.

podium verschwindend kurz. An einzelnen Primärzweigen der Rispe folgen sich begrenzte (Dichasien) und unbegrenzte (Träubchen) Zweige ohne Ordnung. Mit Ausnahme des untersten Primärzweiges der Rispe, welcher bisweilen aus der Achsel eines Laubblattes hommt, entspringen alle übrigen aus Hochblattachseln. Blumenkrone mit veränderlicher Aestivation, symmetrisch, die Theilungsebene das vierte Sepalum schneidend, wie bei Aesculus, doch mit dem Unterschied, dass bei Koelr. das vor Sepalum 4 fallende Stamen vorhanden ist, bei Aescul. hingegen fehlt, wie denn auch bei Koelr. das (genetisch) dritte Petalum, durch welches die Theilungsebene geht, constant fehlt. Theilungsebene der Wickel fast parallel zum Sympodium? Petala mit basilären Emersionen. (Doppelspreitung). Petala bei offener Blüthe nach Sep. 4 aufsteigend; Stamina nach dem geschwundenen Petalum 3 absteigend. Von den 3 Carpiden fällt eins vor das fehlende Pet. 3, eins nicht ganz genau vor Sep. 2.

Cardiospermum Halicacabum. Die langen, schmächtigen Blüthenzweige entspringen aus den höhern Stengelblättern (resp. den Bereicherungszweigen). Sie zeigen eine Ablenkung aus der Blattachsel, und zwar constant in der Richtung des langen Weges der Blattspirale ($^5/_8$ und $^3/_5$). Oberhalb des Blüthenzweiges findet sich (wie bei Viola tricolor) ein kleines accessorisches Laubsprösschen, das ich nie weiter zur Entwicklung kommen sah. Der Blüthenzweig trägt gegen sein Ende hin 5 äusserst kleine Hochblättchen. Die 2 untersten stehen rechts und links und sind die Vorblätter des Zweiges. Die 3 andern sind von letztern durch ein kurzes Internodium getrennt, Sie folgen sich dicht über einander, das erste und dritte fallen nach hinten, das zweite liegt median nach vorn. Sie stehen mithin in einer vornumläufigen Spirale, die nach einer einzigen Beobachtung, wo ich ausser dem Vorblatt 5 Hochblätter fand, wohl eine gewöhnlich nicht vollendete $^3/_5$ St. ist. In den Achseln der Vorblätter der Blüthenzweige befindet sich je eine oberwärts rinnige Ranke. Anfangs pfriemlich und ganz grad gestreckt, rollt sie sich später in einer senkrechten Ebene ein, und zwar die beiden einander gegenüber liegenden in entgegengesetzter Richtung. In der Achsel jedes der 3 Hochblätter findet sich ein Blüthenzweiglein; sie bilden zusammen eine 3strahlige Dolde, und werden durch eine rückenständige Schwiele ausgespreizt. Jedes Blüthenzweiglein trägt wieder

für sich 2 rechts und links liegende Vorblättchen, und endet in eine Blüthe, deren 2 kleinere äussere Sepala mit den Vorblättchen sich rechtwinklich kreuzen. Von den 2 Vorblättern ist nur das eine fertil, es scheint das untere zu sein,[1]) aus seiner Achsel kommt eine 3—5blüthige Wickel. Jede Blüthe derselben hat wieder 2 Vorblättchen. Die Wendung der Blüthen scheint dem Ranunculaceen-Typus zu folgen. Aus Obigem ergiebt sich, dass die Blüthe ein drittes Axensystem beschliesst, nämlich: 1) der Stengel laubtragend; 2. Axe: Blüthenzweig (Hochblattaxe), dritte Axe: Vorblätter und Blüthe bringend. Die symmetrische Theilungsebene der Blüthe fällt in die Richtung ihrer Vorblätter.[2])

Zygophylleae.

Tribulus terrestris, L. Blattstellung am Stengel und den Bereicherungszweigen distich. An letztern stehen sie zum Tragblatt rechtwinklich und man zählt bis 5 der Gipfelblüthe vorausgehende Blätter. Sie nnterscheiden sich von den gleich hoch inserirten stets ungleich grossen Vorblättern der Blüthen durch gleiche Grösse, während ihre Stipulae ungleich gross sind und entsprechend der Blattstellung am Stengel (resp. Zweig) ein symmetrisches Verhältniss eingehen. An den Tragblättern der Bereicherungszweige fällt die kleinere Stipula auf Seite ihres ersten, die grössere auf Seite ihres zweiten Vorblattes. Bei niederliegenden Zweigen fällt die grössere Stipula nach oben, die kleinere kommt auf die Erde zu liegen. Auch die Vorblätter der Blüthen haben ungleich grosse Stipulae, deren grössere nach der Axe (nach ihrem zweiten Vorblatt) hin liegt, die kleinere nach vorn, dem Tragblatt (oder ersten Vorblatt des Zweiges). Die Corolla fand ich in der Aestivation veränderlich, jedoch manchmal nach der kurzen Wege der Kelchspirale gedreht.

Hypericineae.

Hypericum Atomarium, Boiss. Die Blüthenzweige beginnen ungefähr mit der Mitte des aufrechten Stengels; sie entsprin-

[1]) Anderemale, wenn auch seltener, schien es vielmehr das zweite Vorblatt.

[2]) Endlicher, Spach und Andere beschrieben die Blätter als stipellos. Es sind aber ganz deutlich solche vorhanden, wenn auch kleine. Es sind sogenannte Stip. caulinares.

gen theils aus Laub-, theils aus Hochblättern; sie sind unter sich pöcilodr. Dichasien, so zwar, dass die zu demselben Blattpaar gehörenden Dichasien bald homo-, bald antidrom sind. Die aus dem obersten Blattpaar des Stengels (und der Bereicherungszweige) kommenden Blüthenzweige bilden eine die Endblüthe derselben übergipfelnde Gabel, und jeder ist eine einfache Schraubel. Die tiefern Blüthenzweige beginnen dichasial und gehen nach 1- bis 2maliger Dichotomie in unter sich bald homo-, bald antidrome Doppelschraubeln über. Gar nicht selten gabeln sich die einfachen Schraubeln, nachdem sie 10 und mehr Blüthen getragen; die neuen Gabelzweige bringen dann wieder Doppelschraubeln. Mittelblüthe der Dichasien sitzend, die der Schraubel gestielt. Sympodium der Schraubeln aufs prächtigste entwickelt; jede Schraubel bis 20blüthig. Blüthen schön in Wendeltreppenform, aufsteigend, je die fünften über den ersten. Kelch zur Fruchtzeit geschlossen, noch nach $^3/_5$ deckend. Die Sepala viel grösser als die Vorblätter. Einsetzung von Gipfel- und Seitenblüthen, wie bei andern Arten.

H. fimbriatum, Lam. Der Stengel trägt nur Laubpaare, ausgenommen das oberste Paar, welches aus Hochblättern besteht. Die Blüthenzweige, meist einfache, seltener Doppel-Schraubeln verschiedener Wendung, entspringen aus den 2—3 obersten Blattpaaren und bilden einen Corymbus. Blüthen mit 2 bewimperten Vorblättern. Das zweite Vorblatt oft deutlich höher abgehend, als das erste. Petala ungleichseitig, schief gestutzt. Die breite Hälfte zarter, weniger stark berippt, am Rande dichter gezähnelt ist die in der Knospe bedeckte, die andere unbedeckte schmaler, stärker berippt. (Das Gegentheil der Corolla von Malva, wo die schmalere Seite die innere, die breitere die äussere ist.) Auch die welke Corolla nach langem Weg gedreht. Die Mittelblüthe der Dichas. und die erste Blüthe der Schraubel länger gestielt, die übrigen kurz gestielt. Schraubel bis 8blüthig.

H. elegans, Steph. Blüthenzweige ungefähr von der Stengelmitte an, sind Dichasien in bald antidrome, bald homodrome Schraubeln übergehend, gewöhnlich mit einem unterständigen accessorischen, manchmal auch blühenden Laubspross.[1]) Die aus dem

[1]) Auch die Bereicherungszweige haben einen solchen.

obersten (gewöhnlich einzigen bewimperten) Hochblattpaar des Stengels (resp. Bereicherungszweig) kommenden Blüthenzweige eine die Endblüthe weit übergipfelnde Gabel bildend. Vorblätter der Blüthen von der Natur der Hochblätter und Sepala, etwas kleiner als letztere. Corolla nach dem langen Weg des Kelches gedreht, bisweilen ein Petal. unbedeckt. Petala ungleichseitig, der gezähnelte schwarzdrüsige Rand der schmalere bedeckte. Auch der deckende Rand hat einzelne, aber wenig zahlreiche Drüsen.

H. hircinum, L. Nicht selten 3 Serialsprosse in einer Laubachsel, wovon der obere und untere sehr klein und im Knospenzustand, der mittlere eine Anzahl Laubpaare und oft 1—2 Hochblatt-Paare trägt und durch eine Blüthe schliesst. Aus dessen obersten L. und H. kommen 3—1blüthige Zweige, Hie und da fehlt der unterste Serialspross. Vorblätter der Blüthen klein. Die Gipfelblüthe ist bisweilen in Kelch und Krone 4 mer. (wie auch bei H. olympicum, L., H. Ascyron und H. calycin.) und besteht alsdann aus zwei wechselnden Paaren die vorausgehende Decussation fortsetzend.

H. adenotrichum, Spach. Meist einfache armblüthige Schraubeln, selten Doppelschraubeln. Vorblätter der Blüthen laubartig. Ein Zweig zeigte nach den 2 laubigen Vorblättern einen 3gliedrigen Laubwirtel, dessen erstes Blatt median nach vorn; 2. und 3. nach hinten. An das dritte Blatt schloss sich die Gipfelblüthe an, deren fünftes Kelchblatt vor das dritte Wirtelblatt fiel. Also Pros. o. Wirtelblätter und Kelch entsprachen sich in ihrer Wendung. Alles wie bei Anemone ranunculoïdes. — Die bedeckte Seite der Petala gezähnelt. Blüthenstellung überhaupt wie bei andern Arten.

H. Coris, L. Stark verzweigt, alle Zweige blühend. Blätter meist in 4 gliedrigen wechselnden Wirteln, welche sich an Stengel und Zweigen gegen den Gipfel hin auflösen, und zwar so, dass oft die aufgelösten Wirtel ihre Blätter paarig gestellt haben, woraus man schliessen möchte, dass die Wirtel aus zusammengeschobenen Paaren gebildet seien? Hie und da scheint auch Spiralstellung vorzukommen. Die meisten Wirtelblätter bleiben steril; nur aus den 1—4 obersten Wirteln und aus den aufgelösten Blättern kommen Blüthenzweige, welche selten 3-, meist 2-, die höher gestellten selbst nur 1blüthig sind. Jede Seitenblüthe mit 2 Vorblättern, welche sich von den Laubblättern durch ihre Kleinheit unterscheiden, und durch die

schwarzen Randdrüsen, wie sie auch die Kelchblätter darbieten. Bei 2blüthigen Zweigen geschieht die Förderung gewöhnlich aus β. Einsetzung von Gipfel- und Seitenblüthen die der Gattung; doch schienen mir auch vornumläufige Seitenblüthen vorzukommen, was auch zur Corollendrehung stimmte.[1]) Ich beobachtete auch Seitenblüthen, deren erstes Sepal. median stand, und zwar bald nach vorn, bald nach hinten. Gipfelblüthen fand ich auch mit 7 Sep., 6 Pet., 3 Carp., auch mit 3 + 3 Sep. Stamina triadelpha, die Bündel durch die Kanten des Ovar. gebildet; ihre Entwicklung wie bei andern Arten absteigend. Sie stehen in mehreren unter sich wechselnden Cyklen; zuinnerst zählt man in einer Reihe oft 6. Entfaltung der Blüthen, aufsteigend, zuerst aber die Gipfelbfüthe.

Rosaceae.

Rubus odoratus, L. Die eine Doldenrispe bildenden Dichasien gehören theils den obersten Laubblättern, theils den Hochblättern an. Sie übergipfeln die Endblüthe der (relativ.) Hauptaxe. Nicht ganz selten sind die Anfangszweige des bis 3 mal dichotan. Dichasium unter sich homodr. Im übrigen gehören die geförderten Zweige dem zweiten Vorblatt an, deren Blüthe vor dem aus dem ersten, aufschliesst. Vorblätter der Blüthen ungleich hoch inserirt, hochblattartig.

Rubus laciniatus, Willd. Dichasien in Traubenstellung aus Laub- und Hochblättern kommend, meist 3 – 5 blüthig, die höheren oft auf 2, 1 blüthige reducirt. Vorblätter und Wendung der Blüthenzweige wie bei voriger, hier und da mit unterständigen accessorischen Blüthe, Gipfelblüthe der Sprosse zuerst entfaltet, bisw. 6 mer. Kelchabschnitte in der Knospe umeinander gedreht und die Drehung oft deutlich der $^{3}/_{5}$ Spir. des Kelchs entsprechend. Die Früchtchen fand ich in 10, 12, 14 wechselnden Wirteln gestellt.

Potentilla. Zweiaxige in der Flora 1860, S. 150 nicht aufgeführte Arten sind auch P. nepalensis, nevadensis, Boiss.[2])

Die Dichasien, die Endblüthe des Stengels meist übergipfelnd, oft mehrfach dichotom verzweigt, zuletzt in Wickel übergehend. Zu

[1]) Auch bei Androsaem. offic. kommen einzelne vornumläufige Blüthen vor.

[2]) Ueber die je nach dem Standort verschiedene Axenzahl von P. supina vgl. man des genauen Michalet Beobachtungen in Ogerien's, Hist. natur. du Jura, Paris 1867. II, 149.

den reichst verzweigtesten gehören P. kurdica, Boiss, nepal. Tormentilla, hirsuta, supina. Die antidr. dem zweiten Vorblatt angehörigen Zweige richten sich mehr senkrecht auf. Vorblätter der Blüthen laubartig, stufenweise kleiner, bald gleich- bald ungleichhoch inserirt. Vorblatt β das grössere.[1])

Flora, 1860, S. 150 ist im Artikel P. supina Zeile 1 von unten nach mehrere — einzuschalten „Distiche".

Ebenda, S. 151, Zeile 13 von oben, lese man „untern" statt untersten. Ferner l. c. S. 158, Zeile 14 von unten, lese man „bis 8", statt vier — Zeile 6 von unten lese man nach „2" statt 3—2.

Sibbaldia cuneata, Hornem. Wuchs wie bei S. procumb. 1. Axe: unbegrenzte Laubrosette mit distischer Blattstellung. 2. Axe: durch eine Blüthe abgeschlossen. Ihr gehen eine Anzahl (bis 7) distischer und auf diese noch 2—4 nach $^{3}/_{5}$ gestellte Laubblätter voraus, an welche sich der 5 mer. Kelch der Gipfelblüthe ganz deutlich unmittelbar anschliesst. Die Blüthenzweige kommen aus den spiralig gestellten Blättern und bilden einen Corymbus. Es sind Dichasien, die nach 2—1 Dichotomie zur Wickelbildung hinneigen, Blüthen gestielt, mit 2 nach hinten convergirenden Vorblättern, die tiefern mehr laubartig, die höhern mehr hochblattartig jedoch noch mit Stip. Förderung aus β. Die Zweige der Dichas nicht selten homodr. Stamina 5—7, wenn, wie gewöhnlich 5 vor die Sepala fallend; bei 7 fielen 2 vor das genetisch erste und zweite Vorblatt, die übrigen 5 vor die Sepala. In einer Blüthe mit 6 Staubfäden war der 6te dem ersten Petal. anteponirt. Carpiden zählte ich 15—18; am öftersten 15, und zwar in wechselnden Fünfer-Cyklen, wobei der erste vor die Petala fiel. Bei 18 Carp. kamen mithin drei Glieder eines vierten Cyklus hinzu, er war aber verschoben. Soll der erste Fruchtblätterkreis sich an der Stamina anschliessen, so müssten 3 Stammkreise angenommen werden, wovon der erste vor die Sepala fallende sich

[1]) Bei P. atrosanguinea fand ich mehrere male das grössere Vorblatt tiefer vom Zweig abgehend, als das kleinere, und zwar an 2 aufeinander folgenden Dichotomien desselben Dichasium. Ob hier Metatopie im Spiel ist, lässt sich bei der Aestivat. des Kelches nicht entscheiden. Ich möchte solche annehmen, weil ich bei anderen Arten bei denen die Vorblätter bisweilen auseinander rücken, gerade den umgekehrten Fall antraf, das grössere nämlich als oberes; ganz wie es sich auch bei Geum und Waldsteinia verhält. Man vgl. übrigens Bravais annal. de sc. nat. 2. série. VII. 337, 338.

constant ausbildete, von dem zweiten bisweilen, einzelne Glieder, während der dritte (vor den ersten fallende) stets unterdrückt würde. — Eine Seitenblüthe war in Kelch, Krone und Staubblätter (diese vor den Sep.) 6 mer. Zwei Sepala fielen in die Mediane, die übrigen diagonal. Die Fruchtstellnng war undeutlich.

Alchemilla. Flora 1860, S. 181, Zeile 16 von oben ist nach „gipfelständig" zu setzen: Er ist nicht selten ohne entwickeltes Tragblatt. — Die Anmerkung unten ist zu streichen.

Die reichstblüthige, mir bekannte Art ist, A. acutiloba Stev. mit compacter Inflor. Aus dem Umstand dass sowohl bei dieser als bei A. vulgaris die 1—2 die Gipfel einnehmenden Blüthenzweige der 2ären und 3ären Axen nicht die vorausgehende distiche Stellung fortsetzen, sondern nach hinten und vorn fallen, möchte man für sie (resp. ihrer geschwundenen Tragblätter) Spiralstellung annehmen, da diese Stellung kaum wohl einer blossen Verschiebung zuzuschreiben ist. Oft ist nur ein solcher spiralig stehender Zweig vorhanden, welcher dann häufiger schief nach vorn, selten schief nach hinten fällt. Sind 2 spiralig stehende Zweige vorhanden, so bildet entweder jeder für sich ein Dichas. mit Schraubel-Zweigung, oder aber nur der vordere (untere), während der hintere (obere) als einfache Wickel auftritt.

Bei A. acutiloba sind die beiden laubigen Vorblätter der Dichas. oft deutlich auseinander gehoben, und es bleibt kein Zweifel über die Schraubelbildung aus dem ersten übrig. — Bei A. alpina strecken sich die Schraubelzweige mehr als bei den anderen Arten zu einem senkrechten Sympodium. — Die Wendung der Blüthen ist wohl nicht bestimmbar, da die Neigung der Blüthenstiele kaum darüber Aufschluss giebt.

Melastomaceae.

Centradenia floribunda und C. grandiflora haben einfache Schraubeln mit Förderung aus β? Die einander gegenüberliegenden Schraubeln bald homodr. bald antidr. Corolle constant rechts gedreht.

Loaseae.

Scyphanthus elegans, Don. Blüthen in den Achseln laubiger Vorblätter, ein Dichasium mit Anfang von Wickelbildung und Förderung aus β Sympodienglieder bis 1 Fuss lang. Vorblätter gleich

hoch inserirt, Kelchdeckung deutlich nach $\frac{2}{5}$. Corolle constant rechts gedreht.

Mentzelia Lindlei, Gray. Einaxig Kotyl. L I Z. Bringt es nicht zur Dichasienbildung. Jeder Seitenblüthe gehen je nach der Stärke des Sprosses mehr oder weniger Laubblätter voraus. Der Kelch schliesst sich an sämmtliche Sprossen an die vorausgehende Blattstellung ($^5/_8$, $^3/_5$) ohne Pros. an. Aestiv. der Corolle gedreht, aber mit vielen Unregelmässigkeiten.

Gronovia scandens, L. Diese Gattung bringe ich zweifelhaft zu den Loaseen, wohin sie Benth. und Hook., (gen. pl. I. S. 802) zählen. Die Pflanze ist einaxig. (Kotyl. L. H. Z.) Die auf die Kotyl. folgenden Blätter stehen paarweise decussirt, auf sie folgt $^3/_5$ St. der übrigen Blätter, deren 3 oberste constant Hochblätter sind. Die Kelchspirale der Gipfelblüthe des Stengels und der Bereicherungszweige schliesst sich unmittelbar der $^3/_5$ St. an. Die 3 Hochblätter geben den Ursprung ebenso vielen Blüthenzweigen, die unterhalb der Gipfelblüthe zu einer dreistrahligen Dolde zusammentreten, der unterste steht von den 2 andern entfernt. Die Hoch-(Trag-)Blätter rücken an den Blüthenzweigen bis zu ihrer Gipfelblüthe hinauf. Der unterste manchmal auch die beiden untern Blüthenzweige sind Dichasien, welche nach einer Dichotomie in 4—5blüthige Doppelwickel übergehen. Der oberste Blüthenzweig, an den Bereicherungszweigen oft alle 3 sind einfache Wickel. Jeder Blüthe gehen 2 pfriemliche den Hochblättern ähnliche Vorblättchen voraus, welche ebenfalls constant bis zu ihrer resp. Blüthe hinaufrücken. Innerhalb der Wickel bleibt das eine (muthmaasslich das untere) steril, so dass die geförderten Zweige dem obern angehörten. Die Gipfelinfl. (Dolden) werden sowohl an Stengel als Zweigen durch den Spross aus ihrem obersten Laubblatt seitwärts gedrängt und bilden dann eine sogenannte Infl. oppositifol. Da sich dieses mehrfach auf gleiche Weise wiederholen kann, so bilden die obersten von einander abstammenden eine gewisse Anzahl Blätter und eine Gipfelinflor. tragende Sprosse ein Sympodium, ob mit Schraubel- oder Wickelwuchs bleibt zu entscheiden, da mein Material dazu nicht ausreichte. Ich fand sie an Bereicherungszweigen bald antidr. bald homodr. Die Doldenzweige der Infl. zeigen auch verschiedene Wendung, doch fand ich sie öfter homodr. Die Seitenblüthen haben den unpaaren Kelchtheil median nach hinten gestellt.

Crassulaceae.

Eine Uebersicht der Blüthenstände dieser Familie giebt Caspary in den Schriften der physikal. ökonomischen Gesellsch. zu Königsberg, I. 1860, S. 74 und 75.

Bulliarda.

B. aquatica. Cf. Caspari, l. c.

B. trichotoma. Der Stengel endet, die Kotyledonen eingerechnet, nach 3—5 Blattpaaren durch eine Blüthe. Aus den 2—3 obersten Blattpaaren kommt je ein 3 blüthiges Dichasium, dessen Mittel- und Seitenblüthen 2 laubige Vorblätter haben. Die Gipfelblüthe scheint übrigens oft verschoben, wodurch der 4 mer. Kelch derselben diagonal zu dem vorausgehenden Blattpaar zu stehen kommt. Auch die Mittelblüthe steht zu ihren Vorblättern schief. Ob das nicht in einer spiraligen Anordnung der Blattpaare begründet ist? Ich fand nämlich ein Keimpflänzchen, wo diese Stellung augenscheinlich war. Mit den Kotyl. waren 5 Blattpaare vorhanden, die sich unter spitzen Winkeln kreuzten, darauf folgte die hier 5 mer. Gipfelblüthe, deren erstes Sepal. seiner Stellung nach noch nicht den Abschluss der Spirale zeigte. Bezeichnet man mit den Kotyl. beginnend die Blattpaare mit AA bis EE, so fiel das erste Sepal. der Gipfelblüthe in der Mittelebene zwischen die Blattpaare DD, EE.

Grammanthes chloraeflora, Haw. Die Samenpflanze endet am öftersten nach 4 Blattpaaren, die Kotyl. mitgezählt in eine (wenigstens an cultiv. Ex.) nicht immer zur Entwickluug kommenden 5 mer. Gipfelblüthe, deren Kelch sich durch Pros. von $\frac{3 + 1/4}{5}$ einsetzt[1]). Nur aus den obersten Blatttpaaren kommen bald antibald homod. Blüthenzweige, welche eine weit übergipfelnde Gabel bilden; die tiefern Blattpaare sind steril. Die Blüthenzweige sind Dichasien mit höchstens dreimaliger Gabelung. Blüthen mit 2 laubigen Vorblättern. Bei etwas ungleichen Dichasial-Zweigen gehört der etwas grössere dem zweiten Vorblatt an. Es ist der antidrome. Kelchspirale bald hint-, bald vornumläufig. Im erstern Fall fällt die Blüthe mehr nach vorn, im andern nach hinten, ihrer Abstammungsaxe. Wenn die beiden Gabelzweige des Stengelendes etwas ungleich

[1]) In einem Fall ohne Pros., indem sie sich an ein einzeln stehendes oberstes decussirtes Blatt anschloss so dass ihr fünftes Sep. über dieses Blatt fiel.

sind, so fand ich dann oft die Mittelblüthe des stärkern Zweiges vornumläufig, die der schwächern hintumläufig. An andern Exemplaren fand ich die Mittelblüthe beider Zweige hintumläufig. Die Kelchdeckung ist bald eu-, bald metatop., aber die Spirale an der nach $^{2}/_{5}$ abnehmenden Grösse der Sepala leicht erkennbar. Auch 6- und 4mer. Blüthen kommen hie und da vor.

Thisantha glomerata, L. (Th. glabra, Haw.) Die spätere Untersuchung einiger Exemplare ergab mir hinsichtlich der Verzweigung abweichende Resultate von den in der Flora 1851, p. 371 angeführten.

Von den 2 endständigen Gabelzweigen, die ich irrthümlich als dem obersten Blattpaar des Stengels angehörig betrachtete, ist nämlich vielmehr der etwas stärkere der wirkliche Stengel, der unter der wirklich vorhandenen Gipfelblüthe noch 1 Blattpaar trägt, bisweilen auch ausserdem noch ein einzelnes, die Decussation einhaltendes Blatt. Der andere, meist etwas schwächere Gabelzweig ist hingegen wirklicher Bereicherungszweig und steht in der Achsel des einen Blattes des zweitobersten Paares, während das gegenüberliegende Blatt steril bleibt. So bildet sich also eine sogenannte unächte Dichotomie. Ich basire diese Ansicht darauf, dass ich auch am dritt-obersten Blattpaar des Stengels nur einen Bereicherungszweig kommen sah, woraus hervorgehen möchte, dass bei dieser Pflanze auf je ein Blattpaar nur ein Spross kommt. — Aber auch diesmal beobachtete ich einen Fall, wo aus dem obersten Blattpaar eine gleich starke Gabelzweigung zu kommen schien. Beide Zweige verhielten sich völlig gleich; jeder endete nach 2 Blattpaaren in eine Blüthe und Gipfelinfl. Ob nun auch hier der eine Gabelzweig als Stengel, der andere als wirklicher Zweig aufzufassen, liess sich nicht entscheiden. Jeder trug in seinem obersten Blattpaar ausser der Gipfelblüthe einerseits ein 2blüthiges (mit Förderung aus β), anderseits ein 1blüthiges Zweiglein, ganz so, wie an andern Exemplaren es an den wirklichen Bereicherungszweigen vorkommt. Im Winkel der Gabel solcher Exemplare fand sich keine Spur einer Gipfelblüthe. Da, wo unverkennbar der eine Gabelzweig wirklicher Stengel ist, finde ich neben der ächten Gipfelblüthe desselben einerseits ein 3blüthiges Dichas., anderseits eine einzelne Blüthe[1]). Trägt der

[1]) Wenige sehr kräftige Pflanzen hatten in dem obersten Blattpaar des Stengels und Bereicherungszweiges ein 2 mal dichot. Dichasium.

Stengel ausser dem Blattpaar noch ein höheres unpaares, ebenfalls mit nur 1 Blüthe versehenes Blatt, so schliesst sich der Kelch der Gipfelblüthe ohne Pros. an jenes einzelne Blatt an, mit ein Beweis, dass wir hier das ächte Stengelende vor uns haben, wo die Blüthenzweiglein 2—3 blüthig sind, fanden sich die 2 Vorblätter der einzelnen Blüthen vor; die einblüthigen waren ohne solche. Die Blüthen sind immer knauelig zusammengedrängt. Ihre Wendung ist wie bei den Caryophylleen.

Rochea coccinea, DC. Einaxig. Die endständige, gedrängt blüthige Doldenrispe ist aus armblüthigen Dichasien zusammengesetzt. Seiten-Blüthen mit 2 laubigen, gleich hoch inserirten Vorblättern. Kelchdeckung deutlich nach $^3/_5$. Die Gipfelblüthe bisweilen 4 mer. und deren Kelch die Decussation fortsetzend; wenn 5 mer., mit gewöhnlich. Pros., bisweilen auch ohne Pros., an die vorausgehende Stellung anschliessend.[1] Seiten-Blüthen msist hintum-, seltener vornumläufig. Aestivation von Kelch manchmal von Corolla meist metatop., aber die Kelchspirale aus der verschiedenen Grösse der Sepala leicht zu entnehmen.

R. falcata, DC. Alles, was von voriger Art gesagt ist, lässt sich auch auf diese anwenden. Die Blüthenzweige kommen aus Hochblättern. Ebenso sind die Vorblätter der Blüthen hochblattartig.

Bryophyllum calycinum, Salisb. Einaxig. Dichasien 3-blüthig, in den Achseln von Laub- und Hochblättern in Traubenstellung. Blüthen mit 2 Vorblättern.

Echeveria gibbiflora DC. und E. secunda und E. coccinea. Erste Axe mit unbegrenzter Laubrosette, aus deren Achseln belaubte in eine Gipfelblüthe endende secundäre Axen kommen. Die dritten aus den Laubblättern der letztern entspringenden Axen bilden eine traubige Inflor., deren tiefere Zweige als Doppel-, die höhern als einfache bis 9blüthige Wickeln auftreten. Der oberste Zweig richtet sich senkrecht auf, die Endblüthe seiner Mutteraxe übergipfelnd. Das Tragblatt der obersten Wickel wächst eine Strecke weit an ihr hinauf. Vorblätter der Primärblüthe der Dichas. gleich gross; innerhalb der Wickel ist das untere sehr klein, pfriemlich,

[1]) Dies kommt besonders vor, wo auf das oberste Laubpaar noch ein einzelnes die Decussation einhaltendes Blatt folgt.

zuletzt fehlschlagend; aus dem obern grössern, nahe an der Blüthe hinaufrückenden kommt der antidrome geförderte Zweig. Bei E. secunda kommt meist nur aus dem obersten Blatt der 2ären Axen eine einfache, sich senkrecht aufrichtende 6—10blüthige Wickel. Wickeln anfangs eingerollt. Sympodium der beiden ersten Arten schwach zickzackförmig. Sepala entsprechend der 3/5 Spirale an Grösse abnehmend. Gipfelblüthen ohne Pros. eingesetzt. Seitenblüthen mit gewöhnlicher Pros., hie und da ausnahmsweise vornumläufig.

Crassula spathulata, Thunb. Jeder Spross endet nach einer unbestimmten Zahl von Laubpaaren und einem Hochblattpaar durch eine Blüthe. Das Hochblattpaar schliesst sich plötzlich, ohne Uebergangsbildung an die Laubregion an und ist von ihr wie Gipfelblüthe und Gipfelinflor. durch ein bis 2 Zoll langes Internodium getrennt. Die dem Gipfel des Sprosses einnehmenden Blüthenzweige gehören nämlich den beiden Hochblättern an. Jeder für sich ist ein bis 4mal sehr gleichmässig sich verzweigendes Dichasium. Die Blüthen gestielt, mit 2 feinen pfriemlich gleich hoch inserirten Vorblättern. Zweige der Dichasien gespreizt: Die Laubsprosse, sämmtlich durch Inflor. endend, verketten sich sympodial, ob mit Wickel- oder Schraubelwuchs, bleibt zu entscheiden. Diese Sprosse tragen ausser 2 Vorblättern noch 1—2 weitere Laubpaare. Bald haben beide Vorblätter einen Achselspross, bald nur das eine. Ebenso ist von den auf sie folgenden Laubpaaren das eine steril, das andere mit einem Zweig versehen, welcher meist nach der Abstammungsaxe hin fällt; dieser wird zum Sympodium. Ob die Verzweigung nicht fächelartig ist? Andere Male kommen aus den 3 obersten Laubpaaren eines Sprosses ebenfalls Dichasien, die dann mit der resp. primären Infl. zu einem Corymbus zusammentreten.

Sedum. Einaxig. Blüthenzweige meist am Gipfel des Stengels und der Bereicherungszweige in mehr- bis 2strahligen Dolden (S. Aizoon, reflexum, hispan, Maximowiccii, annuum, Beyrichianum, lybicum, Boiss. ternat. oppositifol. spurium, hybrid. pulchrum, Michx. acre, sexang.) in compacten Rispen (S. purpurasc. & affin. S. speciosum Sieboldii, anacamps. in lockern Rispen (S. album) in Trauben (S. cepaea). Unter den inländischen Arten besitzen die Blüthen der folgenden beide Vorblätter: S. atratum, annuum, acre (boloniense

Lois.) stellatum. — Zu den Vorblättern kommt noch ein drittes Blatt hinzu an den Blüthenzweigen von S. oppositifol. Sims. ternatum Michx.[1]) Spurium Bieb., hybrid. L. Dieses dritte liegt stets etwas schief nach vorn und leitet eine $^3/_5$ Spir. ein, welche unmittelbar in den Kelch der Mittelblüthe fortsetzt. Von den 2 Vorblättern erscheint das erste constant sterile, als winziges pfiemliches (so ziemlich vor das 4. Sepal. der Mittelblüthe fallendes) Blättchen[2]), während das zweite ihm gegenüber liegende in Laubform auftritt. das dritte ist ein Laubblatt und von der Grösse des 2ten Vorblattes, Während, wie bemerkt, das erste Vorblatt immer steril bleibt, so tragen die 2 andern Blätter jedes eine einfache Blüthenwickel in der Achsel. Diese beiden Wickel stellen sich zu einander ins Gleichgewicht; sie convergiren wie ihre resp. Tragblätter nach vorn. Man könnte sie daher leicht für die Vorblätter der zwischen ihnen befindlichen Mittelblüthe halten (wenn man nämlich die winzigen, manchmal auch fehlschlagenden untern Vorblättchen übersähe). Was diese Annahme noch zu bestätigen scheint, ist die constante Antidromie der diesen 2. Blättern angehörigen Wickeln. Man könnte umgekehrt die kleinen mehr nach der Axe hin liegenden Vorblättchen, anstatt als erstes (unterstes), für das dritte in der Reihenfolge nehmen und es als Anfangsblatt der $^3/_5$ Spirale ansehen, in welchem Fall denn die Mittelblüthe als vornumläufig erschiene, wozu auch die Convergenz der Wickeln und ihrer Tragblätter nach vorn stimmte. Dieser Annahme widerspricht aber die Stellung der Mittelblüthe zu ihrer Abstammungsaxe. Die bei den genannten Arten stets leicht zu verfolgende Kelchspirale der Mittel- (wie aller) Blüthen zeigt deutlich, dass dieselbe hintumläufig ist und dass das zu den Vorblättern hinzukommende Blatt wirklich die $^3/_5$ Stellung des Kelches einleitet, wobei denn bei einer Einsetzung der Zweigblätter durch Pros. $\frac{3 + {}^1/_4}{5}$ das erste Kelchblatt median nach hinten zu stehen kommt, das fünfte Sepalum aber vor das dritte Blatt fällt. Genau besehen findet man manchmal dieses dritte Blatt höher als das 2. Vorblatt vom Zweig abgehend, was auch noch zur Bestätigung der oben geäusserten Ansicht dienen kann.

[1]) Ob S. oppositifol. und Spurium specifisch verschieden sind, kann ich nicht entscheiden.

[2]) Bei Sed. hybrif sah ich et einigemale als kleines Laubblatt auftreten.

Dieselben 3 der ersten Blüthe vorausgehenden Blätter finden sich auch hie und da noch an der ersten Blüthe der Wickeln, während alle folgenden nur die wirklichen 2 Vorblätter haben und die Förderung aus dem 2. geschieht. Die Sympodien der Wickeln sind im Zickzack gebogen. Die Wickel aus dem 3ten Blatt ist immer etwas mehr nach vorn gerückt (auf Seite des Vorblattes α), als die aus dem 2. Vorblatt.

S. oppositifol. Sims. Mit Ausnahme der 2—3 obersten die Blüthenzweige hervorbringenden Laubpaare sind die übrigen gewöhnlich steril; doch bringen kräftige Exemplare aus tiefern Blättern bisweilen auch zum Blühen gelangende Bereicherungszweige. Die Gesammtinfl. ist gewöhnlich eine gipfelständige 4strahlige (aus 2 + 2), seltener 6strahlige (aus 3 Paaren gebildete) Dolde. Die Tragblätter des untern Blüthenzweigpaares (welches scheinbar eine Doppelwickel darstellt, wächst bei ihnen bis zur Mitte hinauf; die des obern Paares bis zur Mittelblüthe. Die Gipfelblüthe des Stengels (resp. des Bereicherungszweiges) ist am öftersten 5 mer. eingesetzt durch Pros. von $\frac{3 + 1/4}{5}$; es kommt auch vor, dass die Blätter am Gipfel, und zwar 1—3, Spiralstellung nach 3/5 unter gleicher Pros. zeigen, wo dann der 5 mer. Kelch der Gipfelblüthe sich direct anschliesst. Noch ein anderer Fall ist der, dass am Gipfel nur ein unpaares rechtwinklig decuss. Blatt vorkommt und der Gipfelblüthe unvermittelt anschliesst. Sep. 5 fällt alsdann vor jenes Blatt. — 4 mer. Blüthen, setzen in ihrem Kelch die Decussation einfach fort. 6mer. Blüthen hatten meist 2 Kelchblätter zu dem vorausgehenden Blattpaar rechtwinklig decussirt. Einmal schien sie ohne Pros. zu sein.[1])

S. hybridum, L. Unterscheidet sich von voriger Art hauptsächlich durch die spirale Blattstellung (3/5, 5/8, selten 8/13, 3/11). Gesammtinfl. aus dem obersten Laubblatt in meist 5-, seltener 3- oder 6strahliger Dolde. Einsetzung sowohl 4- als 5mer. Gipfelblüthen ohne Pros. Seitenblüthen mit 2 Vorblättern und vornumläufiger Spirale scheinen bisweilen ausnahmsweise vorzukommen. Eine 3mer. Seitenblüthe mit 2 Vorblättern hatte die zweite Sepala median nach vorn gestellt, 1 und 3 nach hinten. Wuchsverhältnisse und alles Uebrige wie bei voriger.

---

[1]) Die Drüse an der äussern Basis der Ovarien ist bei dieser Art besonders gross und beckenförmig ausgehöhlt.

S. Aïzoon, L. Blattstellung $^5/_8$, $^3/_5$, selten $^2/_7$. Gesammtinfl. eine 5—6strahlige Dolde, die Tragblätter der Strahlen in Form einer Hülle dieselbe umgebend. Der unterste Blüthenzweig, oft noch in der Achsel, seines Tragblattes wächst am Stengel bis zur Dolde hinauf, um diese glaichsam zu vervollständigen. Die einzelnen Blüthenzweige scheinen sich wie bei den 2 vorigen Arten zu verhalten. Doch kommen wohl auch Vornumläufige mit 2 Vorblättern vor. Sympodium der Wickeln zickzackförmig. Gipfelblüthe ohne Prosenthese angereiht, oft 6mer.

S. Cepaea, L. Einaxig. Kotyl. LZ. An den wenigen mir vorliegenden Exemplaren schien die Blattstellung am untern Theil des Stengels $^2/_7$ zu sein; höher ging sie in 4gliedrige Wirtel über; die Glieder noch $^1/_4$ aus einander gehoben; andere Male metatopisch, nicht selten wendeltreppenartig aufsteigend. Unterhalb der Stengelmitte befinden sich Bereicherungszweige; über ihnen folgen reine, aufsteigend entfaltende Blüthenzweige, nachdem sich gewöhnlich zuerst die Gipfelblüthe geöffnet hat. Blüthenzweige pöcilodr. (in einem Falle waren von 23 Blüthenzweigen 11 rechts-, 12 linksläufig.) Es sind einfache 6—7blüthige, anfangs eingerollte (ein seltener Fall in der Gattung) Wickeln. Ihre Stellung entspricht natürlich der der Blätter. Nur die erste Blüthe der Wickel bisweilen mit 2 Vorblättern; nicht selten fehlt ihr das erste, oder wenn vorhanden, ist es steril; alle Jbrigen Blüthen sind ohne Vorblätter. Bereicherungszweige an vorliegenden Exemplaren vornumläufig.

S. hispanicum, L. (S. glaucum W. u. Kit.)[1] Blattstellung auch $^2/_7$. Die Blüthen-Wickeln zeichnen sich durch ihre Ausspreitung, ihre Abwärtskrümmung und Einseitswendigkeit aus. Es giebt Exemplare, deren tiefere Wickeln traubig, nur die 3 obersten doldig stehen. Selten sind erstere gedoppelt, und alsdann hat die Mittelblüthe 2 Vorblätter, welche an ihren resp. Zweigen hinaufrücken.

Sedum acre, L. Flora, 1860, S. 382, Zeile 8 von oben lese man nach Kelchblatt — d. Gipfelblüthe —. Unter-, Mittel- und Oberstiel der Blüthen sind hier wegen der aus einander gerückten Vorblätter leicht zu unterscheiden.

[1]) Auf die Kotyledonen folgt an einzelnen Ex. ein 4gliedriger zu jenem diagonal liegender Wirtel.

S. populifolium, L. Die Gesammtinfl. gehört zu den Doldenrispen. Sowohl die Tragblätter der Blüthenzweige, als die Bereicherungszweige wachsen an ihren resp. Zweigen hinauf, um so höher, als sie selbst abgehen.[1]) Die Blüthenzweige sind armblüthige Dichasien mit laubigen Vorblättern und vorwaltenden zweiten Zweigen; die 2—3 obersten übergipfeln die Endblüthe des Stengels.

S. Sieboldii, Sweet. Die oberirdischen Stengel bringen nur sterile, in der Knospe constant rechts gedrehte Laubblätter. Ausgenommen sind nur die 2—3 obersten Blätter, aus deren Achseln Blüthenzweige kommen, die zusammen eine Doldenrispe bilden. Die Tragblätter wachsen an denselben hinauf. Die letzten Auszweigungen der Rispe sind Dichasien mit Förderung aus β. Jede Blüthe hat 2 kleine laubige oder auch hochblattartige Vorblätter. Die Gipfelblüthe, wie oft die obersten Blüthen kommen nicht immer zur Ausbildung.

S. coeruleum, Vahl. Die Keimpflanze beginnt (die Kotyl. eingerechnet) mit 4—5 Blattpaaren, an welche sich dann $^3/_5$, oder häufig $^5/_8$ St. anschliessen. Sie ist mehr oder weniger reichlich verzweigt. Oft sind nur einige der untersten Zweige Bereicherungszweige; alle höhern treten meist sogleich als einfache reichblüthige anfangs eingerollte Traubenwickel auf, deren Sympodium nachher sehr grad gestreckt ist. Die stärkste Wickel kommt aus dem obersten Laubblatt und richtet sich senkrecht in die Höhe, die Terminalblüthe des Stengels weit übergipfelnd. Nur selten ist der unterste Blüthenzweig eine Doppelwickel, und alsdann deren Mittelblüthe mit 2 Vorblättern versehen. Innerhalb der Wickel treten nur die zweiten Vorblätter auf. Anfangs laubartig, werden sie stufenweise kleiner, bleiben aber grün, während sie an den Wickeln der Bereicherungszweige zuletzt nur noch in Form von Schüppchen auftreten. Uebrigens rücken die Vorblätter oft an ihren resp. Zweigen bis an deren Mitte hinauf. Blüthen 7, 8, 9 mer.

Sempervivum arboreum, L. Blüthenzweige in einer gipfelständigen gedrängten Traube; mit Ausnahme des untersten, welcher axillär, sind alle höhern an der Hauptaxe bis zum Abgang des nächstfolgenden Tragblattes hinaufgerückt, so dass je ein unterer Blüthenzweig neben ein Tragblatt eines nächst höhern zu stehen kommt.

---

[1]) Nur die untersten Bereicherungszweige stehen noch genau in der Blattachsel.

Tragblätter der Blüthenzweige am Anfang der Traube noch kleinlaubig, höher sind es grüne Hochblätter. Jeder Blüthenzweig ist ein Dichas., welcher nach einer Dichot. in Doppelwickel übergeht. Mittelblüthe mit 2 Vorblättern, die übrigen Blüthen nur mit den zweiten, welche als kleine Schüppchen oft an ihren resp. Zweigleid hinaufrücken. Die 2 Gabelzweige der Dichas. sind (wie bei Ruta) ebenfalls meist eine Strecke weit am Primärzweig hinaufgerückt und so von ihren Tragblättern entfernt.

Saxifrageae.

Hydrangea. Gesammtinflor. bei H. arborescens, nivea und Hortensia eine gipfelständige durch eine Endblüthe abgeschlossene Doldenrispe. Sie stimmt im Wesentlichen mit der von Cornus überein. Bei H. quercifol. ist es eine Traubenrispe.

H. arboresc., L. Die Gesammtinflor. besteht aus 6—8 (bisweilen auch weniger) Zweigpaaren, seltener aus gedreiten Zweigen bei Foliis ternis. Die Tragblätter der 2—3 untersten Zweigpaare sind noch laubartig; an den höhern gehen sie durch Kleinlaub fast plötzlich in oft nur noch fädliche Hochblätter über; die der obersten Zweigpaare bleiben meist unentwickelt, wie sie denn auch an sämmtlichsn Seitenzweigen der Rispe oft fehlschlagen. Die höhern Zweigpaare oft aufgelöst, aber decussirt (wie auch bei den übrigen Arten) und alsdann je die fünften Paare sich entsprechend; seltener zeigen sie Spiralstellung (3/5, 5/8). Das unterste Zweigpaar steht meist noch in der Tragblattachsel; andere Male ist es, wie das zunächst folgende Paar eine Strecke weit am Stengel hinaufgewachsen; alsdann scheinen ihre zugehörigen Blätter leer zu sein. Umgekehrt findet man hingegen oft schon vom dritten Zweigpaar an allen höhern Zweigen ihre resp. Tragblätter an ihnen hinaufgerückt. Die letzten Auszweigungen der Rispe in armblüthige Doppel- oder einfache Wickeln übergehende Dichasien, am Gipfel der Zweige oft nur noch 2blüthig; die Blüthen hintumläufig (Sep. 2 median nach hinten);[1] ihre Vorblätter nicht entwickelt.

Noch sei bemerkt, dass von den median gestellten Zweigen der Inflor. der hintere des Paares der kleinere, der vordere der grössere ist, während die seitlich liegenden unter sich ungefähr gleich gross

[1]) So auch bei anderen Arten.

sind. Diess gilt von den Primärzweigen sowohl, wie von deren Seitenzweigen. Besonders deutlich zeigt sich diese ungleiche Ausbildung an den dem ersten und zweiten Vorblatt entspr. Zweigen, die aus einander gerückt sind, und wo constant der vordere, dem Vorblatt β entspr. weit stärker als der hintere (α) ist.

H. Hortensia, DC. hat im Allgemeinen den Blüthenstand der vorigen, nur erscheint er oft theils durch ungleich hohes Anwachsen der Blüthenzweige, theils durch Fehlschlagen vieler Blüthen unregelmässiger als bei jener. Die Doldenrispe der Hortensia besteht aus 4—5 Zweigpaaren, von denen die untern längsten die Höhe der obern erreichen, so dass sie zusammen in eine Ebene zu stehen kommen. Sie ist durch eine in Kelch, Krone, Stamina oft 6mer. im Carpistium 3mer. Blüthe abgeschlossen. Das unterste Zweigpaar gehört noch laubigen Tragblättern an, ist aber bis zum nächstfolgenden Zweigpaar hinaufgerückt, so dass die Tragblätter leer erscheinen. Diese 2 untersten Zweige tragen ihrerseits oft noch 2 kleinlaubige Vorblätter; alle übrigen Zweige der Rispe, sowie der Blüthen sind ohne Tragblätter. Die Hauptzweige der Rispe verzweigen sich wieder rispig, die untern stärker, die obern schwächer. Letztere zeigen in ihrer weitern Auszweigung mehr Regelmässigkeit, als die untern. Jeder Zweig endet in eine Gipfelblüthe, welche sich vor den übrigen des Zweiges entfaltet. Die höhern Auszweigungen erscheinen nicht selten in Dichasienform und Uebergang zu armblüthigen Doppelwickeln, wenn sie nicht eher einer Decussation angehören, an der einzelne Blüthen unterdrückt sind. (?) Die grossen 4mer. Blüthen gehören meist dem untersten primären Zweig der Inflor. an, und zwar einem seiner untersten Seitenzweige, nämlich dem vordern, während die hintere ihm entsprechende Blüthe selten sich ausbildet. Diese 1—2 grosskelchigen Blüthen gehören wohl geschwundenen Vorblättern an, und die Zweige, welche sie tragen, sind die grössern und convergireu zugleich stark nach vorn.

Saxifraga oppositifolia, L. Ich fand auch den Fall, wo das erste Kelchblatt die Gipfelblüthe noch der decussirten Stellung angehörte.

S. rotundifol,, L. Flora, 1860, S. 395, lese man Zeile 11 von oben: „Ist auch das untere“, — Zeile 13 „an“ statt in.

S. Huetiana, Boiss. Das untere sterile Vorblatt der Blüthen

stets basilär am Zweig, steht zu dem zweiten Vorblatt des vorausgehenden Wickelzweiges rechtwinklig und liefert ein schönes Beispiel sogenannter folia geminata.

Cornaceae.

Cornus. Die mit einer Gipfelblüthe versehene endständige Doldenrispe wird je nach den Arten aus 2—5 Blüthenzweigpaaren gebildet, die mir nach wiederholten Untersuchungen sich dichasial zu verzweigen scheinen, und endlich wickelartig ausarten. Die Blüthenzweige sind gewöhnlich ohne Tragblätter, und wenn sie vorhanden (wie manchmal an den untersten) in Form kleiner Hochblätter selten basilär, sondern meist bis dicht an die Gabelung der Zweige hinaufgerückt. Die ihrer Tragblätter (Vorblätter) beraubten Gabelzweige der 1är. Blüthenzweige convergiren nach vorn, während (wenigstens bei C. sanguinea) die Mittelblüthe mehr nach der Axe hin liegt. Die Blüthenstiele sind unter sich häufig Verwachsungen unterworfen, wodurch Unregelmässigkeiten in den Verzweigungen. Bei C. paniculata und C. alba unterscheidet man oft gut an den Dichasien den untern und obern Zweig, dem zufolge die Förderung aus dem obern käme. Auch die Aufblühfolge entspricht bei diesen Arten der genetischen Succession der Zweige. — Die meist zuerst entfaltende Gipfelblüthe gewöhnlich 4mer. und die Decussation fortsetzend, kommt auch 5- und 6mer. vor. Einmal fand ich die Mittelblüthe eines Dichasium 3mer. in Kelch, Krone und Staubfäden, wobei ein Kelchtheil median nach vorn fiel. Die Carpiden-Stellung war nicht deutlich. Bei den andern Blüthen finden sich immer 2 Carpiden, welche vor die 2 äussern Sepala fallen. Bei 5mer. Blüthen scheint der Kelch durch Pros. von $\frac{3+1/4}{5}$ angereiht und die Carpiden in der Richtung des zweiten Sepalums zu liegen. Bei 6mer. Blüthen kreuzen sich 2 Kelchblätter mit dem vorausgehenden Blattpaar, und vor dieses fallen die 2 Carpiden.

Rubiaceae.

Spermacoce tenuior, L. und Richardsonia scabra, St. Hil. haben denselben Wuchs. Der Stengel endet in eine Gipfelblüthe und 2 daneben befindliche Blüthenzweiglein (Dichas. in Wickel übergehend), deren Blüthen ein endständiges Knauelchen bilden.

Die gegenüberliegenden Primärzweige des Stengels von ungleicher Grösse der Verzweigung der Caryophyll. entsprechend; das oberste Zweigpaar das grösste die Endinflor. weit übergipfelnd und eine Gabel bildend, deren Zweige gleichfalls ungleich sind; der stärkere, sich mehr senkrecht aufrichtende gehört dem ersten Blatt des obersten Blattpaares an. Diese Zweige verzweigen sich weiter, aus 2 laubigen Vorblättern dichasial, jedoch mit Förderung aus dem zweiten Vorblatt. Jeder Zweig schliesst wieder durch Blüthe und Inflor. ab. Ganz ebenso verhalten sich alle tiefern Primär (Bereicherungs)-Zweige. Es zeigen also hier die Inflor.- und Bereicherungszweige beide dichasialen Wuchs. Während aber bei jenen die Sympodienbildung auf ein Minimum reducirt ist, so ist sie bei diesen gut entwickelt.

Campanulaceae.

Trachelium coeruleum, L. Einaxig. Kotyl. L. Z. Blattstellung $^3/_5$, $^5/_8$. Bereicherungs- und Blüthenzweige gewöhnlich nach 2 Vorblättern vornumläufig. Letztere bilden eine reichblüthige gipfelständige Doldenrispe, deren wesentlichste Auszweigungen Dichasien sind, jedoch mit vorwaltenden 2ten Zweigen. Die Seitenblüthen mit 2 Vorblättchen, scheinen vornumläufig, falls ihre Stellung nicht, wie bei Campanula (durch Pros. $\frac{3 + ^3/_4}{5}$), ist. Von den 3 Carpiden fällt das unpaare nach hinten, vor Sepala 2.

Wahlenbergia lobelioïdes, A. DC. Die Blüthenzweige sind Dichasien. Der oberste, die Endblüthe des Stengels weit übergipfelnd und sie seitwärts schiebend (wodurch sie zum Flos oppositifol. wird.) Die Dichasien bis 2mal dichotom, ihre Zweige bald antidrom, bald homodrom.

Antirrhineae.

Phygelius capensis, E. Meyer. Die Inflor. besteht aus Doppelwickeln in traubiger Anordnug. Blüthen langgestielt, mit 2 bald gleich, bald ungleich hoch inserirten Vorblättchen mit Förderung aus dem zweiten. Die Infl. entspricht der von Scrofularia. Kelchdeckung absteigend, das zweite median nach hinten liegende Sepalum, das äusserste. Corollen-Deckung veränderlich, bald aufsteigend

deckend, bald die 2 seitlichen Abschnitte der Unterlipqe die äussersten. In den vorliegenden Blüthen keine Spur des 5. Stamens. Das hintere Fruchtblatt etwas grösser als das vordere, im Gegensatz zur vorn dickern Honigdrüse.

Boragineae.

Ueber die Inflor. dieser Familie sind in neuerer Zeit mehrere auf Entwicklungsgeschichte fussende, aber, wie mir scheint, die Sache nicht fördernde Arbeiten veröffentlicht worden. (Die Literaturangaben sehe man bei Eichler, Blüthendiagr. S. 196. Der Aufsatz von Celakowsky liegt mir nicht zur Einsicht vor.)

Tiaridium indicum. Lehm. Von dieser Pflanze konnte ich nur 2 Exemplare untersuchen. Auf die Kotyl. folgen, diese mitgerechnet, 5 decussirte zum Theil aufgelöste Blattpaare. An dem einen waren alle Blätter bis zur Gipfelblüthe paarig gestellt. Neben letzterer endete der Stengel in eine einfache reichblüthige Aehrenwickel, welche einem geschwundenen Tragblatt angehört. Aus jedem Blatt des obersten Paares kam nach 2 laubigen Vorblättern eine Gipfelblüthe mit daneben stehender Wickel. Das andere Exemplar war in sofern vom vorigen etwas verschieden, als auf das oberste Blattpaar noch 2 ausgebildete Laubblätter in spiraliger Stellung folgten und darauf die Gipfelblüthe und die scheinbar endständige Wickel, welche auch hier einem nicht zur Entwicklung gekommenen dritten Blatt angehörte. Aus jedem der 2 spiral stehenden Laubblätter kam ebenfalls auf 2 Vorblätter eine Gipfelblüthe und eine daneben befindliche Wickel. Aus Obigem geht also hervor, dass die scheinbar den Gipfel einnehmende Wickel an Stengel und Zweigen einem geschwundenen Tragblatt angehört, wie das auch bei Heliotropium, Solanum etc. vorkommt. Die Blüthen sind ohne Vorblätter. Das Sympodium der anfangs stark eingerollten Wickel sehr grad gestreckt. Warming (Forgreningsforh., Résumé franç. XIII., meint, es Pseudo-Monopodium nennen zu müssen, während es doch ein ächtes ist und sich von andern Sympodien in nichts unterscheidet.

Holiotrop. europ., L. Flora, 1860, lese man in diesem Artikel von unten Zeile   : Letzteres zeigt häufig auch den Anfang der . . — Die den Gipfel des Stengels (resp. des Bereicherungs-

zweiges) einnehmenden Blüthenzweige finden sich auch zu 4 vor und treten nicht selten doldenähnlich zusammen.

Heliotr. peruvianum. Die zu einer Gipfelinflor. (mit Endblüthe vereinigten Blüthenzweige sind: die tiefern oft nach 2 Dichomien in Doppelwickel übergehende Dichasien, welche am Stengel eine Strecke weit hinaufwachsen; die höhern sich vereinfachend; der oberste manchmal einfache Wickel. Die 2—3 obersten Blüthenzweige ohne Tragbl. Blüthen und Sympod. wie bei Tiarid. Mittelblüthe der Dich. oft vornumläufig.

Echinospermum Lappula, L. und E. consanguin. Fisch. Mey. Bald treten die 2 obersten Blüthenzweige des Stengels (resp. des Bereicherungszweiges) zu einer weit übergipfelnden Gabel zusammen; bald die 3 obersten zu einer Dolde, wobei der oberste, der stärkste, sich grad aufrichtet. Die beiden Zweige viel häufiger homodrom als antidrom.

Cynoglossum offic., L. Die Angaben von Wretschko (Jahresber. 1866, p. 14) entsprechen auch meinen Beobachtungen; doch möchte ich die 2 obersten, wenn schon meist antidr. Blüthenwickeln nicht mit ihm zu den Doppelwickeln rechnen, da ihnen ja gewöhnlich lauter einfache vorausgehen und fast überall bei Inflor. eine Vereinfachung der Verzweigung nach oben hin stattfindet. Auch wird der Gipfel des Stengels gar nicht selten von 3 Wickeln eingenommen, die alsdann eine Dolde bilden. An sehr kräftigen Exemplaren sind die untern Blüthenzweige sehr oft Doppelwickeln;[1]) während andere Exemplare blos einfache Wickeln haben. Die Blüthenzweige zeigen ein sehr ungleich hohes Anwachsen an den Stengel; bald überspringen sie 2—3 höhere Blätter, bald sogar 5. Ich fand sie pöcilodrom, Ein Exemplar mit 22 Zweigen hatte 14 der Stengelspirale entspr. rechtse Zweige und 8 gegenläufige (linkse). Ein anderes mit 14 Blüthenzweigen 7, wie die Stengelspirale rechtsl. und eben so viele linksl. Ein drittes mit 16 Zweigen hatte 10 wie die Stengelspirale rechtsl., 6 linksl. — Ein 4. Exemplar mit 20 Zweigen hatte 12 wie die Stengelspirale rechtsl., 8linksl. Ein 5. von 18 Zweigen hatte 10 wie der Stengel rechts gewendete, 8 links ge-

[1]) Die Mittelblüthe hat dann 2 laubige Vorblätter, wovon dann das untere grössere die schwächere Wickel bringt, das obere kleinere an ihr manchmal hinaufwachsende die stärkere.

wendete. Ein 6. wie die Stengel rechtstr. 12, linkstr. 8. Ueberall nach langem Weg. Die Mittelblüthe der Doppelwickel bisweilen vornumläufig. — Die Bodenrosette hat ihre Blätter nach $^{8}/_{13}$ und $^{13}/_{21}$ gestellt.

C. furcatum, Wall. Das Verhalten der Verzweigung im Ganzen wie bei voriger; doch sind die Blüthenzweige meist Doppelwickeln; (nur an Zweigen ist die oberste bisweilen einfach). Die obersten ebenfalls am Stengel bis zur Gipfelblüthe hinaufrückend und eine Gabel bildend. Die unterständigen access. Blüthenwickeln behaupten ihren axillären Platz. Sämmtliche Zweige, besonders aber die Infl., haben eine rückenständige Schwiele, durch welche sie ausgespreizt werden.

C. coelestinum, Lindl. Zeigt das Hinaufwachsen der höhern Blüthenzweige an den relativen Hauptaxen im Extrem; während der untere noch genau, so wie der unterständige accessorische fast immer, die axilläre Stellung einhalten. Die sehr reichblüthigen Traubenwickeln bald gedoppelt, bald einfach; im erstern Fall mit 2 laubigen Vorblättern der Mittelblüthe, während innerhalb der Wickeln keine Vorblätter vorkommen. Die 2—3 obersten Wickeln die Endblüthe übergipfelnd, eine Gabel- oder 3strahlige Dolde bildend. Sympodium sehr grad gestreckt.

Omphalodes longiflora A. DC. Zweiaxig. 1) Kot. L. 2) L . . Z. Blattstellung der 1är. Zweige $^{5}/_{8}$ und $^{3}/_{5}$; sie bringen nur aus den 3—6 obersten Blättern einfache Traubenwickeln, während die vorausgehenden Blätter baldAchselsprosse haben, bald steril bleiben. Die Wickeln wachsen am Hauptzweig hinauf, die 2 obersten am meisten bilden eine die Endblüthe übergipfelnde Gabel; oder auch zu 3 eine Dolde. Im erstern Fall sind die Wickeln bald anti-, bald homodrom und haben hie und da das zweite Vorblatt der untersten Blüthe ausgebildet. Selten fand ich den untersten Zweig als Doppelwickel, und deren Mittelblüthe vornumläufig. Das übrige verhält sich wie bei andern Arten.

O, verna, Mönch. Flora, 1860, S. 675, lese man in diesem Artikel, Zeile 8 von oben: „gedehnt", statt getrennt.

Anchusa. Wretschko (l. c. S. 22) behauptet gegen meine Angaben, die Mittelblüthen der Dichasien seien niemals vornumläufig. Ich finde sie, nach zahlreichen auf viele Jahre vertheilten

Beobachtungen, immer vornumläufig. Es giebt Bereicherungszweige, an denen ausser den beiden Vorblättern noch ein drittes Blatt[1]) der Gipfelblüthe vorausgeht. Dieses (mit einer einfachen Wickel in der Achsel) nimmt gerade die Stelle (nach der Axe hin) ein, die dem ersten Sepalum einer vornumläufigen Blüthe entspricht. In diesem Fall kommt dann das erste Sepalum median nach vorn zu stehen. Das fünfte Sepalum fällt vor jenes dritte Blatt; auch ein Beweis für die Vornumläufigkeit der Mittelblüthe. — Auch neigt diese nach hinten, was ja der Verfasser selber sagt (l. c. p. 6). Auf die Convergenz der Vorblätter ist in diesem Fall nicht zu gehen, während die Aestivation des Kelchs und die Grössenverhältnisse der Sepala hierüber den besten Aufschluss geben, hingegen die Aestivation der Corolla zur Bestimmung der Blüthenspirale, welche der Verfasser anwendet (p. 7) wegen allzu grosser Veränderlichkeit sich gar nicht eignet. Was sämmtliche Blüthen der Wickeln (mit Ausschluss also der Mittelblüthe) betrifft, so sind sie constant hintumläufig und haben nur das zweite Vorblatt ausgebildet. Die beiden Zweige der Dichasien wachsen immer eine Strecke am Mittelzweig hinauf, wobei deren Mittelblüthe bald in deren Winkel steht, bald höher, scheinbar an dem Zweig aus β hinaufgerückt ist, während sie doch den wirklichen Gipfel einnimmt. Die beiden Vorblätter scheinen dann ohne Achselspross zu sein. Es kommt aber auch vor, dass beide an ihrem resp. Zweig hinaufrücken, oder nur allein das zweite. -- Die Blüthenzweige finde ich pöcilodrom.

Borago offic., L. Flora, 1860, p. 677, lese man Zeile 10 von oben: welches auch. Z. 11: ausbildet. Z. 19 lese man: der Mitte.

Symphytum offic., L. Flora, l. c., p. 679, setze man: mittelständ. Blüthenzw. — Was ich über die Gipfelblüthe von Symphyt. gesagt; kann Wretschko in der Flora, l. c., nachlesen, was er von den Vorblättern der Blüthenzweige sagt, ist mir unverständlich. Sie stehen immer unter $\frac{1}{2}$ Divergenz. — Der oberste, zunächst der Gipfelblüthe liegende Blüthenzweig tritt hie und da auch als einfache Wickel auf. Gewöhnlich ist er aber, wie alle vorausgehenden, gedoppelt; ganz gewöhnlich wächst er am Stengel bis an dessen

[1]) Anchusa offic. u. A. panicul. haben die Bereicherungszweige bald hint- bald vornumläufig.

Gipfelblüthe hinauf; ja seine Vorblätter gehen oft noch höher als sie ab. Die Gipfelblüthe fällt dabei immer in die Ebene, welche man sich durch die Mitte zwischen den 2 Vorblättern gezogen denken kann. Kaufmann (Nouv. Mém. de Moscou, XIII. stellt Tab. 23 die Figur rechts, diesen Fall dar. Fehlt die Gipfelblüthe, so hat es den Schein, als ob die oberste Inflorescenz den Gipfel selbst einnähme, oder es bilden die 2 obersten Doppelwickeln eine Gabel. Dieser Fall entspräche der Figur links, Tab. 23, bei Kaufmann. Von einer Theilung der Axe, wie er meint, kann nicht die Rede sein.

Cerinthe. Wretschko (l. c., p. 7) giebt einen längern Artikel über die Inflorescenz von Cerinthe minor, der mir aber nicht klar geworden ist. Wenn er gegen mich behauptet, dass nicht, wie ich annehme, der dem obern Vorblatt entsprechende Zweig (die Wickel) der antidrome sei, sondern dass er nach „sorgfältiger Prüfung“ finde, dass der obere Zweig mit der Abstammungsaxe homodrom sei, so verwechselt er damit offenbar die den 2 obersten Stengel- (resp. Zweig-) Blättern zugehörigen einfachen Wickeln, indem er sie als zusammengehörig, d. h. als Doppelwickel, betrachtet. Ich habe aber in meinem von ihm citirten Aufsatz angegeben, dass die Förderung der dichasialen Blüthenzweige (und der Wickel) aus dem zweiten Vorblatt geschehe, und bin heute, nach 25 Jahren, noch ganz derselben Meinung. Von Cerinthe, sagte ich einfach, bilden die 2 obersten Wickeln, welche sich aufrichten, eine Gabel. — Was diese 2 Wickeln betrifft, so hat Wretschko zwar von seinem Standpunkt aus Recht. Auch ich finde die obere Wickel (nach seiner Ansicht den obern Zweig der Doppelwickel) am häufigsten mit der Stengelspirale homodrom, den unteren antidrom. Aber an Ausnahmen fehlt et doch auch nicht. So finde ich hauptsächlich bei C. minor angestellten Untersuchungen von 46 Fällen 39 mit homodr. oberer, antidr. unterer Wickel (und zwar 15 rechtsl., 24 linksl.) 3 Fälle: beide Wickeln mit dem Stengel homodrom (1 rechtsl., 2 linksl.) 2 Fälle: Wickeln zum Stengel antidr. 2 Fälle: die untere Wickel mit dem Stengel homodrom, die obere antidrom. Die Wickeln selbst haben stets nur die zweiten Vorblätter ausgebildet. Was der Verfasser von der 6/5 Divergenz der Vorblätter sagt, verstehe ich nicht.

Lithospermum. Bei der Besprechung von L. arvense kommt Wretschko (l. c., p. 3) wieder darauf zurück, dass die Förderung bei den Borragineen nicht aus dem zweiten Vorblatt komme, sondern aus dem ersten. Er nimmt nämlich bei dieser Pflanze an, dass das Tragblatt der untersten Blüthe der scheinbar den Gipfel des Stengels einnehmenden Wickel ihr erstes Vorblatt sei. Es ist aber dieses vermeintliche Vorblatt das oberste Stengelblatt, welches an der Wickel hinaufwächst. Die 2 darunter befindlichen Blätter, welche dicht über einander (nach 3/5 Divergenz) folgen, sind also nicht die 2 obersten, wofür er sie ansieht. Es sind die Tragblätter der 2 Bereicherungszweige, welche mit der gipfelständigen Wickel eine 3strahlige Dolde bilden, und welche eine vornumläufige (3/5) Spirale zeigen, wie ich schon, Flora, 1860, S. 684, bemerkte (wo es heissen soll: „mit ganz gewöhnlich"). Dann kommt der Verf. auf die Pros. der Vorblätter zu sprechen, wo er wieder seiner Theorie folgt, die der Wirklichkeit sicher nicht entspricht. — Man vgl. auch noch Flora, 1866, S. 764. Die Gipfelinflorescenz fand ich in 22 unsuchten Exemplaren 21mal mit dem Stengel glsicbwendig, nur 1mal gegenwendig.

Lithospermum offic. Flora, 1860, Seite 683, Zeile 1 vno unten, lese man: „das oberste am . . . ." — Ein unterständiger, accessorischer, auch blühender Zweig ist (wenigstens bei cultivirten Exemplaren) nicht selten.

L. tenuiflorum, Lin. fil. Einaxig. Kotyl. L . . Z. Blattstellung am Stengel 3/5 und 5/8. Kelch der Gipfelblüthe sich deutlich ohne Pros. anreihend. Aus dem 2 obersten Stengelblättern kommen einfache 12—26blüthige Wickeln (aus den obersten die stärkste), welche eine die Endblüthe weit übergipfelnde Gabel bilden. Kommt noch ein dritt' unterer als Bereicherungszweig hinzu, so bildet er mit jenen eine 3strahlige Dolde. Das Tragblatt des obersten rückt weit an ihm hinauf. Den Bereicherungszweig mit 5 Laubblättern fand ich vornumläufig. Aus dessen oberstem Blatt, welches (wie bei L. arv.) an ihm hinaufwächst, kommt eine einfache Wickel. Dieses Blatt könnte man mit zur Wickel gehörig betrachten, wenn dem nicht die sehr exacte Kelchspirale der Gipfelblüthe des Zweiges widerspräche, aus der hervorgeht, dass jenes Blatt wirklich Tragblatt der Wickel ist. Die Wickeln haben nur das 2. Vorblatt aus-

gebildet, mit später ziemlich gleichmässig entwickelten Sympodiengliedern.

Myosotis. Flora, 1851, S. 393, Zeile 3 von oben: eine Gabel bildenden — statt „Gabelzweige". Flora, 1860, S. 685, Zeile 7 von oben, setze man nach „Winkel" manchmal. — Die Blattstellung an Seitenzweigen auch oft ⁵/₈. Die Zweige mancher Arten sind oft bis an den obersten, welcher reine Blüthenwickel ist, unter sich homodrom, zum Stengel antidrom. Doch fehlt es auch an Ausnahmen nicht. Die oberste Blüthenwickel, welche mit der zweitobersten die endständige Gabel bildet, ist zu dieser antidrom. Nur selten fand ich beide homodrom. Kommen am Gipfel eines Stengels (resp. Bereicherungszweiges) 3 Blüthenzweige vor, so ist der unterste meist noch in der Achsel seines Tragblattes befindlich; über ihm folgen ihm dann 2 scheinbar leere Blätter, welche den darüber befindlichen Gabelzweigen zugehören. Anderemal wächst auch der drittunterste Zweig an seiner Mutteraxe hinauf und sein Tragblatt erscheint leer. — Tiefere Zweige sind beblätterte blühende Bereicherungszweige, deren gipfelständige Wickeln sich wie am Muttersprosa verhalten. — Wretschko (l. c., p. 16) scheint die endständige Gabel auch hier für eine Doppelwickel zu halten. — Wenn er die Wendung der Zweige blos nach der Lage des ersten Vorblattes bestimmen will, so ist das hier, wie in manchen anderen Fällen, unzureichend, da oft ohne Ordnung hint- und vornumläufige Spiralen vorkommen; man muss hier die Blattstellung selbst verfolgen. Auf die entschieden naturwidrigen Ansichten von Kraus (Bot. Zeitg. 1871, p. 120) will ich blos verwiesen haben. Kaufmann, Nouv. Mém. de Moscou, XIII., schreibt Myosotis eine paarige Endwickel zu; es soll ferner dieser Wickel häufig die Endblüthe fehlen; wie die paarige Endwickel zu deuten, ist aus Obigem zu entnehmen. Die Endblüthe fehlt nie; steht sie nicht im Winkel der Gabel, so erscheint sie als erste Blüthe der obersten Wickel.

Myosot. azorica, Wats. Verhält sich wie die andern Arten. Die 2—3 obersten Wickeln wachsen am Stengel hinauf, bald eine Gabel, bald eine Dolde bildend; ihre Tragblätter bleiben weiter unten zurück. Die drittunterste Wickel ist noch gedoppelt und ihre Mittelblüthe hat 2 Vorblätter.

Eritrichium crypthanthum, A. DC. Der Stengel sehr

reichlich verzweigt, durch eine Gipfelblüthe endend, wie auch die Bereicherungszweige. Blattstellung oft an beiden 5/8. Die Pflanze zeichnet sich durch ihre in allen Blattachseln vorkommenden reichlichen Serialzweige aus, deren man oft bis 5 zählt und die sich in absteigender Folge entwickeln, so dass der oberste der stärkste, der unterste auf einige bis 1 Blüthe reducirt ist. Der oberste Zweig verhält sich oft insofern wie der Stengel, dass er auf 2 seitliche Vorblätter eine Spiralstellung folgen lässt, bevor er durch eine Gipfelblüthe endet. Je nach dem Grad der Auszweigung sind die spiralig stehenden Blätter mehr oder minder zahlreich. Anderemale bildet der oberste Serialzweig (wie gewöhnlich die tiefer stehenden) eine einfache Achrenwickel, deren erste Blüthe bald basilär am Zweig steht, bald bis an seine Mitte hinaufgerückt ist. Stets besitzen die Blüthen solcher Wickeln nur ein Vorblatt (muthmassl. das 2.?), aus dem die Förderung fortsetzt, jedes ausser dem Hauptzweig mit 2 oder mehreren accessorischen Zweigen. Die Serialzweige sind unter sich antidrom und werfen sich alternative nach rechts und links, sich gegenseitig ausweichend. Das Sympodium der Wickel ist sehr grad gestreckt. Die Gipfelblüthen sind stets nach hinten gedrängt, woraus auf Vornumläufigkeit zu schliessen. Die 3 obersten Blätter des Stengels (und der Bereicherungszweige) kommen in folgenden Punkten überein:

1) Der oberste Serialzweig derselben wächst am Stengel bis zu dessen Gipfelblüthe hinauf, während die unter ihm befindlichen Serialzweige in der Tragblattachsel stehen bleiben.

2) Umgekehrt wächst das Tragblatt des obersten Zweiges an diesem eine Strecke weit hinauf und kommt so über die Gipfelblüthe des Stengels zu stehen.

An kleinern Bereicherungszweigen erstreckt sich das Anwachsen an den Stengel oft nur auf die ersten Serialzweige des drittuntersten Blattes.

Im übrigen stellen sich die je obersten Serialzweige der drei obersten Blätter zu einer 3-strahligen Dolde zusammen, deren Strahlen jedoch von ungleicher Grösse sind.

Die Flores conferti (Dc. prodr.) gehören nur den Enden des Stengels (resp. des Bereicherungs-Zweiges) an. Die Blüthen der

Serialzweige sind nämlich anfangs dort dicht zusammen gedrängt, lockern sich aber bei weiterer Entwickelung auf.

Amsinckia angustifol. Lehm. Stengel und Bereicherungs-Zweige mit Gipfelblüthe. Die scheinbar dem Ende des Stengel und der Zweige einnehmende anfangs stark eingerollte, sich nachher zu einem sehr graden Sympod. streckende reichblüthige Aehren-Wickel, gehört dem obersten Blatt der relativen Mutteraxe an; in dessen Achsel findet sich zugleich manchmal ein access. Sprösschen. Blüthen (mit Ausnahme bisweilen der 2 untersten) ohne Vorblätter. Die Gipfelblüthe steht bald dem obersten Blatt gegenüber, bald scheinbar tiefer, indem dieses an seinem resp. Zweig über sie hinaufgerückt ist.

Hydrophylleae.

Nemophila. Nicht selten folgt auf das oberste Blattpaar noch ein einzelnes Blatt[1]), dem alsdann die Gipfelblüthe des Stengels gegenübersteht (Flos. oppositifol.) Die geförderten Zweige der Dichasien gehören bei allen Arten dem 2. Vorblatt an. Bisweilen wächst das oberste Blatt an seinem Zweig hinauf und kommt so scheinbar über die Gipfelblüthe zu stehen. Blüthen, entfaltet mit senkrecht aufgerichtetem Stiel, nach dem Verblühen überhängend.

Cosmanthus viscidus. A. Dc. Mit Gipfelblüthe und gipfelständiger einfacher reichblüthiger Trauben-Wickel, welche einem geschwundenen Tragblatt angehört, und sich nachher zu einem senkrecht aufgerichteten Sympod. streckt. Blüthen innerhalb der Wickel ohne Vorblätter. Förderung aus β. — Verzweigung wie bei Solan. nigr. Die Mittelblüthe mit 2 laubigen Vorblättern aus denen einfache Blüthenwickeln kommen. Auf sie folgt, meist nach vorn (selten nach hinten), das fehlende Tragblatt mit seiner scheinbar gipfelständigen Wickel. Ueberall ein unterständiger access. Spross. Cosm. fimbriat. Nolte' verhält sich ebenso.

Eutoca. Die neben der Gipfelblüthe des Stengels (resp. der Bereicherungs-Zweige) befindliche einfache Wickel ist stets ohne entwickeltes Tragblatt (wie bei Solan. nigr.).

Phacelia. Der einaxige Stengel (resp. Bereicherungs-Zweige) trägt an seinem Gipfel mehrere (2—4) Blüthenwickeln, wovon die

[1]) Bei N. insignis lösen sich die Blattpaare manchmal schon tiefer auf.

untern oft gedoppelt sind, die oberste einfach, und deren Tragblätter (mit Ausnahme bisweilen der untersten) unentwickelt bleiben. Die Wickeln bilden zusammen bald mehr eine knauelige, bald mehr doldige Gesammtinfl. Stets finden sich in den Laubblattachseln noch unterständige auch blühende access. Zweige. Bei Ph. tanacetifol. fand ich die Mittelblüthe der Doppelwickeln vornumläufig, die übrigen Blüthen hintenumläufig.

Hydroleaceae.

Hydrolea spinosa L. Das Verhalten der Samenpflanzen konnte ich nicht beobachten. Die relativen Hauptstengel tragen in den tiefern Laubachseln Dornzweige, aus denen ein bald rechts, bald links (ohne Ordnung) liegender belaubter kleiner Spross kommt. Ueber den Dornsprossen folgen, über 1 Fuss lange belaubte blühende Bereicherungs-Sprosse, und über diesen bis zum Gipfel plötzlich reine Blüthenzweige (Dichasien), deren 3 oberste oft in Doldenform die Endblüthe übergipfeln. Die Tragblätter der Dichasien wachsen oft eine Strecke weit an ihnen hinauf[1]). Die Blüthen mit 2 ungleich hoch inferirten laubigen Vorblätter und mit entwickeltem Unter-. Mittel- und Oberstiel. Beide Vorblätter wachsen ebenfalls an ihren Zweigen hinauf; Förderung aus dem grösseren β, und vorwaltender Wickelsprossung (Caryophyll. Typus). Bereicherungs-Zweige oft vornumläufig.

Solanaceae.

Flora 1851, S. 395, Zeile 4 von oben ist zu streichen „primären", Zeile 21 streiche man „hinaufgerückten", S. 396, Zeile 3 von unten lese man: nur mit einer Gipfelblüthe, und streiche „einzelnen", S. 297, Zeile 4 von oben lese man „nebst" für „statt".

Lycopersicum cerasiforme Dun. und L. pyriforme, Dun. Der Stengel (resp. die Bereicherungs-Zweige) endet in eine Gipfelblüthe und daneben befindliche, meist einfache Blüthen-Wickel, deren Tragblatt unentwickelt geblieben ist. Aus dem obersten Laubblatt kommt ein Zweig, der nach mehreren Laubblättern (wovon 2 Vorblätter) wieder durch Gipfelblüthe und Wickel abschliesst.

---

[1]) Schon die Tragblätter der höheren Dornzweige wachsen an diesen hinauf.

Diese Verzweigungsweise kann sich mehreremale wiederholen, und es bildet sich so aus dem je obersen Blatt der sich folgenden Sprosse ein Sympod., welches etwas häufiger Wickelwuchs als Schraubelwuchs zeigt. Das oberste Blatt jedes Sprosses wächst an seinem, resp. Spross hinauf und zwar stufenweise höher, entsprechend der Succession der Sprosse. Auf diese Weise kommt dieses Blatt scheinbar höher als die Gipfelinflor. des vorausgehenden Sprosses zu stehen. Diese wird nämlich durch den grad aufstrebenden gefördeten (obersten) Zweig seitwärts gedrängt und zu einer Infloresc. extraaxillaris, wobei sie eine horizontale Lage annimmt. Diess scheint mir die einfachste Erklärung der bei den Solanum-Arten so häufig vorkommende Stellung der Infl, oft in der Mitte eines Sympodium-Gliedes, wobei also dieselbe ihre ursprüngliche Stelle, als Gipfel des Zweiges nicht ändert. Dieses Hinaufrücken des Blattes ist dem intercalaren Wachsthum von Blattstiel und Zweig zuzuschreiben, welche an ihrer Basis früh mit einander verschmelzen. Je jünger die Gipfelinflor., desto aufrechter steht sie und sie bildet dann deutlich das Ende des Zweiges, und steht dem Tragblatt gegenüber, dessen Anwachsen dann kaum begonnen hat. — Uebrigens kommen auch aus den übrigen Blättern der Sympodienglieder weitere sich wie die beschriebenen verhaltenden Sprosse; sie entwickeln sich in absteigender Folge. Die Blüthen der meist reichblüthigen Wickel sind ohne Vorblätter; die unterste Blüthe ist am längsten gestielt, die obern kürzer; die Stiele bestehen aus Unter- und Oberstiel; jene bilden die zickzackförmigen Sympod. Diese tragen die Blüthe und sind knieförmig abwärts gebogen.

Solanum aviculare, Forst. Der Stengel endet in eine Blüthe, deren Kelch sich an die vorausgehende Stellung ($^3/_5$) direct anreiht. Aus den 2—3 obersten Laubblättern kommen 2, eine übergipfelnde Gabel, oder eine 3-strahlige Dolde bildende belaubte blühende Bereicherungs-Zweige. Neben der Gipfelblüthe befindet sich eine einfache Trauben-Wickel, welche einem nicht entwickelten Tragblatt angehört. Von den Doldenzweigen steht der unterste noch genau in der Blattachsel; die Tragblätter der 2 anderen wachsen stufenweise höher auf; der oberste Zweig, als der stärkste, leitet eine Sympodiumbildung ein. Er trägt eine gewisse Anzahl (nach $^5/_8$ gestellter) Laubblätter (wovon 2 Vorblätter) und endet in eine Blüthe, zu deren Seiten 2 einfache Blüthenwickeln vorkommen, welche eben so vielen

fehlschlagenden Tragblättern angehören. Während der Stengel nur 1 Wickel aufzuweisen hat, bringen die Zweige ihrer constant 2. Aus je dem obersten Blatt der Bereicherungs-Zweige kommt wieder ein ganz gleicher wie der soeben beschriebene Zweig, der den Anfang eines Sympod. bildet. Der Sympod. zeigte mir am häufigsten Schraubelwuchs. Blüthen gestielt mit Unter- und Oberstiel, ohne Vorblätter.

Solanum citrullifolium, A. Braun[1]). Der Stengel (resp. die Bereicherungs-Zweige) endet in eine zygomorphe Gipfelblüthe und zunächst derselben in eine einfache reichblüthige Trauben-Wickel, welche einem geschwundenen Tragblatt angehört. Der Kelch der Gipfelblüthe setzt sich ohne Pros. ein. Die Aestivation des Kelches entspricht in jungen Knospen der $^{2}/_{5}$ Spir. Durch späteres ungleiches Anwachsen seiner Abschnitte verändern sich seine Grössenverhältnisse. Die Symmetrisirung der Blüthe wird hauptsächlich durch die Corolla und Stamina bewirkt. Die symmetrisch theilende Ebene geht wie bei den Salpiglossideen durch das erste Kelchblatt wie auch durch die beiden Carpiden. Die Gestalt der Corolle erinnert ganz an die von Saxifraga sarmentosa. Die 2 (an Seitenblüthen schief nach vorn gelegenen) grössern, sichelförmig gekrümmten Petala sind das erste und vierte der genetischen Folge nach; die 3 kleinern (an Seitenblüthen schief nach hinten) entsprechen den 2, 3, 5ten. Während bei den Salpiglossideen (wie bei den Solaneen überhaupt) das kleinste Stamen vor Sepal. 1 fällt, so hier umgekehrt das grösste. Es liegt auch in der Theilungsebene. — Die Blattstellung am Stengel oft $^{3}/_{8}$. Die 1—2 obersten Blätter desselben wachsen eine Strecke weit an ihren resp. Zweigen hinauf; das oberste kommt so scheinbar über die Gipfelinflor. hinauf zu stehen. Der Wuchs der Pflanze ist der von Solan. nigrum. Die Zweige beginnen mit 2 rechts und links liegenden symmetrisch getheilten laubigen Vorblättern (die erste Fieder nach der Axe hin). Auf Seite des Vorblattes α fällt die Blüthenwickel, die einem geschwundenen, vor jenes Vorblatt fallenden Tragblatt, angehört. Nur unter der Annahme, dass der Mittelbüthe des Zweiges 3 distich gestellte Blätter vorausgehen. lässt sich diese ungezwungen

[1]) Soll nach Visiani, dalm. suppl. von S. heterodoxon, Dun. nicht verschieden sein. Die Beschreibung dieser Art in D. C. Prodr. passt aber nur wenig zu S. citrullif.

ganz entsprechend den Solancen.-Blüthen überhaupt, einsetzen, indem auch hier die Theilungsebene das erste Sepal. etc. trifft. Da die Grössenverhältnisse des Kelches veränderlich sind und die Blüthen durch Verschiebung leicht ihre Lage ändern, so ist die Bestimmung der Blüthenstellung frühzeitig vorzunehmen. Die Annahme von 3 querdistichen Blättern an den Blüthenzweigen hat nichts widersinniges, da bei Solan. robustum, Wendl. derselbe Fall vorkommt. Bei dieser Art findet man bis 5 distiche Blätter, 4 Laubblätter und ein geschwundenes, welches der Blüthenwickel angehört. Seltener kommen bei dieser Pflanze nur 2 distiche Zweigblätter vor, die dann als Vorblätter fungiren. Das eine (α) ist Laubblatt, das andere (β) schlägt fehl; ihm gehört die Wickel an. — Bei Sol. citrullif. ist die Verzweigung dichasial, mit Förderung jedoch der Zweige aus dem laubigen β, ganz wie bei Sol. nigr. Auch hier wächst Vorblatt β an seinem sich senkrecht aufrichtenden Zweig hinauf und zwar über die vorausgehende Gipfelinflor., welche dadurch extraaxillär erscheint. Die Einsetzung der Mittelblüthe des Dichasium sowohl als der einzelnen vorblätterlosen Blüthen innerhalb der Wickel, geschieht durch Pros. von $\frac{3 + 1/4}{5}$, wobei das erste Sepal. auf Seite des laubigen Vorblattes β fällt. Die Wickel anfangs stark eingerollt, dann zickzatkförmig gebogen, zuletzt zu einem sehr geraden Sympodium gestreckt; zur Fruchtzeit verdicken sich noch die Blüthenstiele und der Kelch vergrössert sich. Die symmetrische Theilungsebene beinahe paralell mit dem Sympodium.

Nyctagineae.[1])

Mirabilis Jalappa, M. longiflora; Oxybaphus viscosus, Lherit., O. Cervantesii Lag. O. nyctagineus, Sucet (= O. violaceus?) Die Blüthen beschliessen ein erstes Axensystem. (KLH (= Invol.) Z. oder auch NLHZ). Hinsichtlich der Verzweigung und des Blüthenstandes der genannten Arten verweise ich auf Flora 1851, S. 420. Jedoch ist dort einer der wichtigsten Punkte nicht Erwähnung ge-

[1]) Finger schrieb im Jahre 1873 eine Dissertation über Mirabilis. Was er über die Verzweigung, resp. Inflor. sagt ist meist unklar, zum Theil unrichtig. Auch ist es nicht De Candolle, der bei dieser Pflanze eine Involucr. calyciforme annimmt; es ist vielmehr Choisy, welcher die Familie der Nyctagineae in Prodromus bearbeitete.

schehen, den schon Wichura (Flora 1846, S. 129) berührte und den ich für obige Arten nach eigener Beobachtung bestätigen kann. Es betrifft die Umwendung der Blattstellung, welche mit dem obersten Blattpaar des Stengels (resp. der Bereicherungs-Zweige) eintritt. Die zu einem Blattpaar gehörigen Zweige zeigen nämlich einen sehr ungleichen Grad ihrer Ausbildung, so dass immer ein stärkerer und schwächerer zu unterscheiden ist. Der schwächere bleibt auch häufig ganz aus. Die Stellueg dieser Zweige ist nun so, dass je die dritten parallelen Paare übereinander fallen. Die stärkern also einerseits, die schwächern anderseits. Mit dem obersten Blattpaar kehrt sich nun dieses Verhältniss um. Zunächst unterscheidet es sich von den vorausgehenden Paaren dadurch, dass jedes seiner Blätter einen Zweig ausschickt, welche zusammen eine der Endinflor. weit übergipfelnde Gabel bilden. Der stärkere dieser Zweige, anstatt nun in die Richtung des vorausgehenden homologen zu fallen, fällt vielmehr in die Linie der schwächern Zweige. Es ist hier ein Wechsel in der Stellung dieser Zweige eingetreten, sie haben ihre Rollen vertauscht. Dieser Zweig richtet sich senkrecht in die Höhe, er bildet eine dichasiale Inflor., welche sich mehrfach gabelt, jedoch ein Vorherrschen der dem obern Vorblatte angehörigen antidromen Zweige zeigt, und somit dem Caryophylleen-Typus folgt. Der Anschluss des 5mer. Hüllkelches des Gipfelinflor. (dessen Einsetzung durch $\frac{3 + 1/4}{5}$) geschieht an das den schwächern Zweig abgebende Blatt, hier als dem ersten des Paares. Hier sei auch noch die Bemerkung beigefügt, dass die Blätter der Paare selbst ungleich sind und zwar so, dase mit Ausnahme des obersten Paares die kleinern Blätter den grössern Zweig bringen[1]) (Wichura, l. c. 126). Am obersten Paar entsprechen sich hingegen das stärkere Blatt und der stärkere Zweig. — Dass ausser den Hauptzweigen auch oft noch ein unterständiger access. vorkommt, soll hier nur beiläufig bemerkt werden. Die Gipfelinfloreszenz ist nicht selten unterdrückt, so dass der Gipfel des Stengels dann spurlos ist. Häufig ist der Hüllkelch der Gipfelinflor. 4mer. (aus 2 + 2 Hochblättern gebildet). In diesem Falle

---

[1]) Diese Eigenthümlichkeit in den Grössenverhältnissen der Blätter und ihrer Achselprodukte war schon Vaillant bekannt. Er beschrieb sie von Boerhavia in seiner Schrift: de struct. flor. append. p. 52 (53).

setzt dann das äussere Hüllpaar die vorausgehende Decussation fort, dies besonders häufig bei Mirabilis, wo manchmal selbst nur das untere Hüllblattpaar ausgebildet ist. Oxyb. nyctagin. hat einen bald 4 bald 3 blüthigen Hüllkelch. Zu der Gipfelblüthe treten bei 4 mer. Hüllkelchen noch 2 dem äussern Hüllblattpaar angehörige Blüthen hinzu, oder es hat auch noch das eine der innern Hüllblätter eine Blüthe. Bei 5 mer. Blüthen dieser Pflanze entfalten die Seitenblüthen nach der $^3/_5$ Sp. der Hüllblätter, nachdem zuerst die Gipfelblüthe sich aufschloss. — Die Anreihung des 5 mer. hintumläufigen Hüllkelche innerhalb der Inflor. geschieht an's zweite Vorblatt durch Pros. $\frac{3+1/4}{5}$. — Bei Mirabilis berühren sich die Abschnitte der Perianth. anfangs klappig, die Drehung derselben tritt erst später ein.

Euphorbiaceae.

Euphorbia. In den letzten Jahren sind über die Infloresz. dieser Gattung sehr verschiedene Meinungen geäussert worden, gestützt theils auf die Entwicklungsgeschichte, theils auf beobachtete Missbildungen. Ich enthalte mich hier einer Aufzählung derselben. Ich halte meine bereits 1843 über die Construction der Euphorbiaceen-Inflor. gegebene Ansicht auch heute noch für die natur gemässeste.

Ich will hier nur auf einen Punkt aufmerksam machen, der noch zu erledigen ist. Es betrifft diess die Einreihung des Hüllkellches der Inflor. an die vorausgehende Spiralstellung am Stengel (resp. den Bereicherungszweigen) als desselben an die 2 laubigen Vorblätter der Blüthenzweige; was das erstere betrifft, so fand ich bei E. verrucosa, Lam. die Abschnitte des Involucellums mit den 5 Blättern der nach $^3/_5$ gestellten Hülle (den Tragblättern der Doldenzweige) wechselnd, während die Drüsen desselben vor sie fielen. Den Hüllkelch der Inflor. finde ich bei ein und derselben Art (z. B. E. splendens, Boj.) bald vorn- bald hintumläufig. Ebenso bleibt die Einreihung der 3 gliedrigen weibl. Blüthe an das 5 gliedrige Involucellum noch näher zu bestimmen.

Bei manchen Arten gehen dem Involucellum der Inflor. 3 bis 4 Laubblättter voraus (ein Involucrum bildend), wovon 2 rechts und links liegende die Vorblätter sind (z. B. bei E. platyphyllos, Helios-

copia etc.). Sind ihrer 3 vorhanden, so fällt eines schief nach hinten. Ich hatte schon früher hier auf eine vornumläufige Blattstellung geschlossen. Diese Ansicht bewährt sich in den Fällen, wo diese Zahl sich vermehrt, z. B. bei E. palustris pilosa, wo 3—5 Laubblätter dem Involucellum vorausgehen, die denn wirklich eine vornumläufige Spirale bilden.[1]) Kommen an einer Hülle (Involucrum) 4 Laubblätter vor, so stellen sich das dritte und vierte zu den Vorblättern oft rechtwinklig, wohl nur um den ihnen gegebenen Raum gleichmässig auszufüllen.

Euphorbia prunifolia, Jacq. Die Keimpflanze bringt auf die Kotyledonen meist 2 rechtwinklig gekreuzte Blattpaare, darauf $^5/_8$ St., seltener $^3/_5$ St. ohne Pros. Alle Blätter mit Ausnahme der zwei obersten (von allen die grössten[2]) sind durch längere Internodien getrennt. Nur jene 2 entspringen meist auf gleicher Höhe und scheinen opponirt zu stehen, obgleich sie oft deutlich die vorausgehende Spirale fortsetzen, auch bisweilen schwach auseinander gerückt sind. Aus diesen beiden Blättern[3]) kommen nun mehrere Zoll lange, die Endinflor. weit übergipfelnde, zusammen eine Gabel bildenden Zweige, die unter sich ziemlich gleiche Grösse zeigen. Jeder Zweig für sich ist ein Dichasium, welches nach 3—4maliger Gabelung in den letzten Zweigordnungen in Wickel übergeht. In den Winkel der Gabelzweige fällt die lang und schmächtig gestielte Gipfelinflor. Auch die weibl. Blüthe ist gestielt und ragt aus dem Involucellum hervor. Jeder Inflor. des Dichasiums gehen 2 laubige stufenweise kleinere Vorblätter voraus, welche nach vorn convergiren, woraus auf Vorumläufigkeit des Involucellums geschlossen werden kann. Damit scheint auch die Stellung der dem Involucellum zukommenden einzigen trichterförmigen, median nach hinten liegenden Drüse übereinzustimmen.[4]) Wie bei andern Euphorbien gehört die Förderung der dichasialen Zweige dem zweiten etwas grössern Vorblatt. Das erste Vorblatt nimmt schon oft bei der dritten Aus-

[1]) Auch die Bereicherungszweige tiefer am Stengel zeigen Vornumläufigkeit, so bei E. prunifol. platyphyllos verrucosa, palustris, pilosa, androsaemifolia, myrsinites.

[2]) Die Blätter nehmen von der Stengelbasis nach Oben an Grösse zu.

[3]) Sie entsprechen den Hüllblättern anderer Euphorbien.

[4]) Selten finden sich 2 solcher Drüsen, wo dann die zweite seitlich von den medianen steht. Einmal fand ich 4; einmal keine.

zweigung Schuppenform an, bleibt auch wohl ganz aus, obgleich bisweilen seine Blüthe sich noch ausbildet.

Die stengelähnlichen tiefern Primärzweige beginnen mit querdisticher Blattstellung. Auf sie folgt meist $^{3}/_{5}$, häufiger Vorn- als Hintumläufige Spirale. Distiche Blätter zählte ich bis 7. Die Basis des Zweiges wird von dem winzigen Alpha-Vorblatt eingenommen, in dessen Achsel ein kaum sich entwickelndes Knöspchen befindet. Höher am Zweig folgt dann das bereits laubige Vorblatt β und die übrigen distichen Blätter. Das Ende der Zweige verhält sich dann, was die 2 Hüllblätter und die Inflor. betrifft, wie der Stengel. Secundäre Zweige bringen oft nur noch 3 distiche Blätter und einige spiralig gestellte, wobei das winzige α Vorblatt oft nur als ein kaum noch erkennbares Schüppchen auftritt, dessen Stelle aber durch sein Knöspchen angedeutet ist. Das letztere ist zu seinem Mutterzweig antidron. Auch an den beiden Gabelzweigen des Stengels und der Bereicherungs-Zweige kommt dieses Knöspchen vor. Im übrigen enden die 2 Zweige wie die primären, nur sind hier die Blüthenzweige durch Verkürzung büschelartig zusammengedrängt.

Begoniaceae.

Inflor. bei Begonia durchweg dichasial. Blüthen mit 2 hinfälligen seitlichen Vorblättchen. Mittelblüthe der Dichasien wohl bei der Mehrzahl der Arten, männl. mit 4mer. Perigon (2 + 2), die weibl. Blüthen, stets an Seitenzweigen befindlich, 5mer. und oft mit vornumläufigen nach $^{3}/_{5}$ deckenden Perigon-Blättern (z. B. bei B. foliosa, Rex) aber es giebt auch Arten, deren weibl. Blüthen hintumläufig sind.

Ueber das Urmeristem der Dikotylen-Wurzeln[1])

von

Dr. Jakob Eriksson.

(Mit Tafel XVIII—XXVII.)

I.

Es gilt eben so für die Wissenschaft wie für alle Gebiete des praktischen Lebens, dass jede Zeit ihre Interessen hat, die vor allen anderen die allgemeine Aufmerksamkeit an sich ziehen. Besonders in der Pflanzen-Anatomie ist nicht schwer zu finden, welche Richtung sich während der letzten zehn Jahre geltend gemacht hat. Die jüngsten Stadien des Lebens der Zellgewebe untersuchen und das Gesetz ausfinden, nach welchem die verschiedenen Theile der Pflanze sich aus dem in dem s. g. Vegetationspunkte liegenden Meristem (Urmeristem) differenziren, ist das hauptsächliche, fast einzige Bestreben der neueren Pflanzen-Anatomen geworden. Nachdem zuerst die kryptogamischen Pflanzen in dieser Hinsicht untersucht waren und die Verhältnisse sich auf eine sonderbar einfache Weise gestaltet gezeigt hatten, indem der Vegetationspunkt häufig aus einer einzelnen Anfangszelle, Scheitelzelle besteht, aus welcher die sämmtlichen nachher differenzirten Gewebe der vorliegenden Pflanze oder des Pflanzentheiles durch verschieden gestellte Theilungswände abgeleitet werden können, so fing man auch an von diesen Resultaten als Ausgangspunkt den höheren, phanerogamen Pflanzen die Aufmerksamkeit zu widmen. Versuche, auch hier nach demselben einfachen Gesetze die

---

[1]) Diese Abhandlung ist schon in schwedischer Sprache erschienen: **Om Meristemet i dikotyla växters rötter**, Lunds Universitets Årsskrift, Tom. XIII. Einige Form-Fehler der schwedischen Auflage sind hier in der deutschen corrigirt und einige Figuren um des Raumes willen weggelassen worden.

Verhältnisse zu erklären, d. h. die verschiedenen Theile der phanerogamen Pflanzen aus einer einzelnen Scheitelzelle abzuleiten, wurden wohl anfangs gemacht. Doch zeigten sich bald die Schwierigkeiten die Scheitelzelle in jedem verschiedenen Falle zu finden so gross, dass man eine solche Auffassung als unhaltbar aufgeben musste.

Eine neue Lösung dieser Frage gab J. Hanstein, der in mehreren Aufsätzen[1]) zeigte, dass das für Kryptogamen aufgestellte Gesetz für die Phanerogamen keine Gültigkeit hat. Bei diesen fand er im Vegetationspunkte drei von einander getrennte Gewebe, welche er *Dermatogen, Periblem* und *Plerom* nannte. Jedes dieser primären Gewebe habe seine eigenen Anfangszellen, die *Initialen* genannt werden. Die Initialen bilden zusammen im Vegetationspunkte selbst eine kleine Zellgruppe. Natürlich war, dass eine Ansicht, auf so umfassende Untersuchungen als Hansteins gegründet, sich die Aufmerksamkeit mehr als gewöhnlich gewinnen musste. Es schien, als ob diese Auffassung der schon eine Zeit lang streitigen Frage eine glückliche Lösung geben sollte. Ausserdem war weiteren Forschungen ein reiches Feld angewiesen. Neues Leben wurde also dadurch im Kreise der Forscher angeregt, und der eine suchte bald dem anderen in der Anwendung des neuen Grundsatzes zuvorzukommen. Freilich war es vorzugsweise eine Menge jüngerer deutscher Botaniker, die auf dem von ihrem hoch angesehenen Meister gelegten Grunde mit Ernst zu arbeiten anfingen; aber auch in anderen Ländern ist eine Richtung nach derselben Seite deutlich hervorgetreten. Wenn es gleich mit Recht bemerkt werden kann, dass die neuere Pflanzen-Anatomie, in Deutschland wenigstens, eine all zu einseitige Richtung dadurch erhalten hat, indem man nur die ersten Stadien des Lebens der verschiedenen Pflanzenorgane zu erforschen sucht und seinen Gegenstand dann verlässt, um sich auf einen anderen selbiger Art zu werfen, so kann es andererseits nicht geläugnet werden, dass durch die zahlreichen Untersuchungen viel Licht über vorher dunkle Fragen ausgebreitet, so wie auch ein guter Ausgangspunkt zur weiteren Aus-

---

[1]) J. Hanstein, Die Scheitelzellgruppe im Vegetationspunkt der Phanerogamen (Die Festschrift der Niederrhein. Ges. für Natur- und Heilkunde zum 50jährigen Jubiläum der Universität Bonn, 1868) und Die Entwicklung des Keimes der Monokotylen und Dikotylen (Botan. Abhandl. aus d. Gebiet der Morphologie und Physiologie, 1. Heft, Bonn, 1870).

bildung der mehr umfassenden Pflanzen-Anatomie gewonnen worden ist. Sind die jüngeren Stadien erkannt, so ist damit auch zur richtigen Auffassung der mehr vorgeschrittenen eine natürliche Grundlage gelegt.

Dass die Frage vom Meristem der Wurzel, mit welchem wir uns besonders beschäftigen wollen, bei diesem allgemeinen Forschungseifer nicht unberührt bleiben konnte, liegt in der Natur der Sache. Schon Hanstein selbst beschäftigt sich in der letzteren seiner oben angeführten Arbeiten viel damit, doch geht er nicht über das Stadium des ruhenden Keimes hinaus. Dieses war aber auch hinreichend, um einige wichtige Verhältnisse, die die Wurzel besonders auszeichnen, zu erkennen. Die Trennung der drei primären Gewebe zeigte sich schärfer, als in der Spitze des Stammes, und dem einen derselben, dem Dermatogen, kommt eine neue Eigenschaft zu, die gewissermassen der vorher (Die Scheitelzellgruppe) gelieferten Beschreibung dieses Gewebes widerspricht. Es wird behauptet, das Dermatogen gebe der Wurzelhaube durch tangentiale Theilungen den Ursprung, während vorher die radiale Zelltheilung, als die im genannten Gewebe einzige streng festgehalten worden war. Von der abweichenden Deutung, die wir in dem folgenden zu geben wagen, werden wir bald reden.

Eine weitere Behandlung erfuhr bald darauf die Frage von einem der getreuesten Schüler Hansteins, J. Reinke[1]), der in einer schon im folgenden Jahre erschienenen Arbeit das Meristem der entwickelten Wurzel zum Gegenstand einer speciellen Untersuchung machte. Die Arten, deren Wurzelentwickelung darin beschrieben wird, sind jedoch nicht sehr viele. Ausser dem *Helianthus annuus*, der seitdem als Typus der Dikotylen beibehalten worden ist, sind unter den dieser Gruppe zugehörenden Pflanzen (S. 16) *Cerastium triviale*, *Stellaria media*; (S. 20) *Raphanus* (Taf. 1, Fig. 2), *Crambe*, *Trapa* (Taf. 2, Fig. 1--9), (S. 28) *Impatiens* (Taf. 1, Fig. 6—8), *Hedera*, *Cannabis*, *Aesculus* mehr oder minder ausführlich behandelt. Die meisten dieser Pflanzen werden jedoch nur in grösster Kürze und auf solche Weise erwähnt, dass man es sich kaum klar machen kann, ob sie eigentlich mehr als einer sehr flüchtigen Untersuchung unterworfen worden sind. Es scheint, als ob *Helianthus* und *Trapa* und demnächst *Impatiens*

---

[1]) J. Reinke, Untersuchungen über Wachsthumsgeschichte und Morphologie der Phanerogamen-Wurzel (Botan. Abh. aus d. Gebiet der Morphol. und Physiol., herausg. v. J. Hanstein, 3. Heft, 1871).

und *Raphanus* die Dikotylen sind, die einigermassen befriedigend untersucht worden sind. Es kommt noch hinzu, dass der Verf. auf der Taf. 1 eine mit der des *Helianthus* übereinstimmende Abbildung der *Veronica Beccabunga* liefert. Noch geringer war die Zahl der untersuchten Monokotylen, indem der Verf. nur *Zea Mays* und *Pistia Stratiotes* erwähnt. Die Resultate dieser Arbeit des Verf's. können auf etwa folgende Weise zusammengefasst werden: das Meristem der Wurzelspitze der angiospermen Pflanzen besteht aus drei Histogenen, dem Dermatogen, dem Periblem und dem Plerom; das Dermatogen bildet durch radiale Theilungswände Epidermis und Trichom-Mutterzellen, durch tangentiale aber die Wurzelhaube; die Zellen des Periblems und Pleroms sind in Reihen, die Vegetations-Curven genannt werden, angeordnet; die Initialgruppe des Periblems besteht bei der Mehrzahl aus einer, selten *(Trapa)* aus zwei Zellreihen; das Längenwachsthum geschieht durch radiale, das Dickenwachsthum durch tangentiale Theilungen der Zellen dieser Vegetations-Curven; aus dem Periblem entsteht die Rinde, aus dem Plerom das Perikambium, Prokambium und Mark. Schon Reinke selbst wird wohl die Zahl der eben erwähnten Pflanzen zu klein vorgekommen sein, als dass vermittelst dieser das oben genannte Gesetz als ein für alle Angiospermen geltendes aufgestellt werden könnte, wesshalb er (S. 47) sagt, dass, was besonders die dikotylen Pflanzen anbelange, er „Repräsentanten aus fast allen wichtigeren einheimischen Familien“ untersucht habe, und dass die Verhältnisse sich überall mit den bei Helianthus beschriebenen „identisch“ gezeigt hätten. Welche Familien diese waren, darüber wird jedoch der Leser in Unwissenheit gelassen. Erst in einer kürzlich erschienenen Arbeit von H. G. Holle[1]) werden alle die Familien aufgezählt, welche von Hanstein oder Reinke zum Gegenstand der Untersuchung gemacht worden waren und auf welche die Resultate des letzteren gegründet worden sind, *Dryadeae, Onagrarieae, Alsineae, Cruciferae, Papaveraceae, Hederaceae, Gunneraceae, Violariae, Balsamineae, Euphorbiaceae, Compositae, Solaneae, Schrophularineae, Asclepiadeae, Primulaceae, Ardisiaceae, Salicineae.* Welche Gattungen oder Arten in jeder dieser Familien in Frage gewesen sind, das hat aber Holle, obgleich dies von grossem Interesse gewesen wäre, anzu-

[1]) Siehe hiervon unten S. 389.

führen nicht für nöthig gehalten. Wir werden im Folgenden Repräsentanten aus einer und der anderen dieser Familien, bei welchen wir die Verhältnisse anders als die angegebenen gefunden haben, anführen. In jedem Falle scheint uns, als komme die von Holle gelieferte Erklärung recht spät, und halten wir das Urtheil, welches ein nachfolgender Verf. E. von Janczewski[1]) ausgesprochen hat, dass Reinke all zu wenige Pflanzen untersucht habe, als dass vermittelst deren ein für alle Angiospermen geltendes Gesetz aufgestellt werden könnte, für ganz berechtigt. Wir verlassen jetzt diese Arbeit Reinkes, um im folgenden sehr oft darauf zurückzukommen, und fahren in der geschichtlichen Darstellung fort.

Schon im folgenden Jahre trat derselbe Verfasser mit neuen Beiträgen zur Lösung der Frage auf, die sich auf die Wurzel der *Gymnospermen* bezogen. Auch die Diskussion, welche zwischen ihm und E. Strasburger darüber entstand, geht eigentlich nur die Gymnospermen an, die in der ersten Arbeit Reinkes nicht einbegriffen worden waren.[2]) Die beiden Verfasser blieben bei ungefähr gleichem Resultate stehen, nach welchem der Bau der Wurzelspitze bei diesen ein ganz anderer als bei den Angiospermen ist, wovon unten mehr. Hie und da kommen doch auch von den Angiospermen kurze Andeutungen vor. Strasburger vermuthet (Die *Coniferen* etc. S. 354), dass Uebergänge zwischen dem Archisperm- und Metasperm-Typus innerhalb der Dikotylen vorkämen. Bei den *Amentaceen*, *Casuarineen* und *Proteaceen* wäre der Bau der Wurzelspitze derselbe, wie bei den Gymnospermen. Hiegegen bemerkt indessen Reinke (S. 669), dass er *Salix alba* untersucht hat und dass er dieselbe auf das gewöhnliche Angiospermen-Schema zurückführen muss. Kurz darauf erklärt auch Strasburger (Bot. Zeit. 1872, S. 761), dass, was Reinke von *Salix alba* ausgesprochen habe, in der That auch von den Amentaceen und den mit jenen verwandten Familien gelte. Doch sei es an den Spitzen ältererer Wurzeln z. B.

---

[1]) Siehe hiervon unten Seite 386—87.

[2]) J. Reinke, Andeutungen über den Bau der Wurzel von Pinus Pinea (Bot. Zeit. 1872, S. 49—53). — E. Strassburger, Die Coniferen und die Gnetaceen, eine morphologische Studie, Jena 1872, S. 340—355. — J. Reinke, Zur Geschichte unserer Kenntnisse vom Bau der Wurzelspitze (Bot. Zeit. 1872, S. 661—671). — E. Strasburger, Zur Kenntniss der Archispermenwurzel (Bot. Zeit. 1872, S. 757—763).

ist nicht möglich, die Epidermis inner-
olgen. Eine ausführlichere Darstellung
ppe wird versprochen, welche jedoch, so
acht erschienen ist.
nt die Gültigkeit des aufgestellten Angiosper-
nbarem Grade gestört, nachdem die ausgespro-
g der Abweichung der Amentaceen widerrufen war.
es jedoch nicht, bis neue Schwierigkeiten entstanden.
nen Aufsatze K. Prantls Ueber die Regeneration
zelspitze[1]) werden, wenn auch in grösster Kürze, vom
Wurzelspitze bei *Zea Mays* (S. 5), *Pisum sativum* und
Faba (S. 22) einige Andeutungen geliefert. Bei keiner war
Bau derselbe wie bei dem *Helianthus* Reinkes. Die über
die genannten Pflanzen von Prantl gegebenen Beschreibungen sind
durch spätere Untersuchungen völlig bestätigt worden.

Fast dieselbe Meinung spricht E. Russow aus, der in seinen Vergleichenden Untersuchungen[2]) auch dem hier fraglichen Gegenstand die Aufmerksamkeit widmet. Er sagt (S. 178): „Bei den Phanerogamen-Wurzeln finden wir das Dermatogen bald als geschlossene Schicht das Protomeristem überziehen (bei den meisten Embryonen z. B. von *Rheum*, *Triticum*, *Cephalaria*, *Compositen*), bald in das Protomeristem sich verlieren (bei vielen nicht embryonalen Wurzeln und auch bei einigen embryonalen, wie bei *Phaseolus multiflorus* und *Vicia Faba*).“ Kurz darnach fügt er (S. 179) hinzu: „In embryonalen Wurzeln ist, wenn ein geschlossenes Dermatogen vorhanden, das Protomeristem in 2—3 schalenartige Schichten differenzirt, welche als directe Fortsetzung der Rindenschichten erscheinen (*Triticum Spelta*, *Cephalaria procera*, *Rheum compactum*); in einigen nicht embryonalen Wurzeln (wie bei *Phaseolus multiflorus*,

---

[1]) K. Prantl, Untersuchungen über die Regeneration des Vegetationspunktes an Angiospermenwurzeln, Würzburg 1871; seitdem auch in Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg, Heft IV, erschienen.

[2]) E. Russow, Vergleichende Untersuchungen betreffend die Histiologie (Histiografie und Histiogenie) der vegetativen und sporenbildenden Organe und die Entwickeluug der Sporen der Leitbündelkryptogamen mit Berücksichtigung der Histiologie der Phanerogamen, ausgehend von der Betrachtung der Marsiliaceen. Mémoires de l'Academie impériale des sciences de St. Pétersbourg, VII. Série, Tome XIX, No. 1, 1872.

Vicia Faba) ist zwischen Periblem und Dermatogen keine Grenze, desgleichen nicht zwischen Dermatogen und Wurzelhaube; auch ist Periblem und Plerom nicht scharf markirt."

Fast gleichzeitig gab O. Drude seine biologische Arbeit über *Monotropa* und *Neottia* heraus[1]). Hierin sind nebst Figuren über den Bau der Wurzelspitze auch einige Bemerkungen vorhanden. Die Haube soll eine sehr geringe Entwickelung haben, bei *Monotropa glabra* (S. 42—43, Fig. 13) aus einer, bei *M. hirsuta* aus 2—3, bei *Neottia* (S. 10, Fig. 6) aus etwa 4 Zellschichten bestehend. Das Periblem entsteht bei beiden Gattungen in der Spitze aus mehreren (3—5) Zellreihen. Durch diese Anordnung, die von *Helianthus* nicht unbedeutend abweicht, kömmt die Spitze des Pleroms, so zu sagen, der Spitze der Wurzel selbst ausserordentlich nahe. Dieses Verhalten hängt natürlicherweise mit der ungewöhnlichen Lebensart dieser Pflanzen zusammen, weshalb es scheint, dass sie keine beträchtlichere Einschränkung an dem von Reinke aufgestellten Gesetze zu bedeuten haben.

In einer auch in demselben Jahre erschienenen Arbeit von Reinke[2]) wird der Bau der Wurzelspitze bei verschiedenen Arten der Gattung *Gunnera* erwähnt. Sie werden, so gut wie es möglich ist, in das vorige Schema eingepasst. Auf diese Arbeit werden wir im Folgenden näher eingehen.

Das Jahr 1874 wurde indessen für die Lösung der vorliegenden Frage von weit grösserer Bedeutung. Unter den erschienenen Arbeiten nimmt die E. von Janczewskis unbedingt den ersten Platz ein. Die Resultate der genauen und gründlichen Untersuchungen dieses Verfassers kamen zuerst im Auszuge in der Botanischen Zeitung heraus[3]) und wurden bald darauf ausführlich der wissenschaftlichen Welt mitgetheilt[4]). Die Untersuchung umfasste sowohl

---

[1]) O. Drude, Die Biologie von Monotropa Hypopitys L. und Neottia Nidus avis L. Göttingen 1873.

[2]) J. Reinke, Untersuchungen über die Morphologie der Vegetationsorgane von Gunnera. Morphologische Abhandlungen, Leipzig 1873.

[3]) E. von Janczewski, Das Spitzenwachsthum der Phanerogamenwurzeln. Vorläufige Mittheilung, Bot. Zeit. 1874, S. 113.

[4]) Ed. Janczewskiego, Poszukiwania nad wzrostem wierzchołkowym korzeni u roślin okrytoziarnowych. Pamietnik Akademii Umiejętności w Krakowie. Tom. I, 1874. Dieser Aufsatz erscheint kurz darauf in die

angiosperme als gymnosperme Pflanzen. Bei jenen fand der Verf. den Bau so, wie Reinke und Strasburger denselben schon beschrieben hatten; was aber die angiospermen Pflanzen betraf, wurden 4 Typen, wovon 2 den Monokotylen, 2 den Dikotylen angehören, beobachtet. Nur bei diesen, den beiden Dikotylen-Typen, in der Arbeit Janczewskis Typ. 3 und 4, werden wir uns hier aufhalten. Der eine dieser Typen (Typ. 3) fällt mit dem alten Helianthus-Typus zusammen, der andere (Typ. 4) unterscheidet sich darin von dem vorigen, dass keine Differenzirung der drei Gewebe des Meristems in Plerom, Periblem und Dermatogen zu finden ist. Dem Helianthus-Typus zugehörig waren von Janczewski untersucht: die Pfahlwurzel von *Helianthus annuus, Linum usitatissimum, Fagopyrum esculentum, Raphanus sativus,* die Adventiv-Wurzel von *Myriophyllum spicatum, Salix alba, S. fragilis*[1]), die Seiten-Wurzel von *Casuarina stricta;* dem letzteren Typus (Typ. 4) zugehörig fand er: die Pfahl- und Seiten-Wurzel von *Pisum sativum, Phaseolus vulgaris, Cicer Arietinum, Cucurbita maxima, C. Pepo.* 13 Dikotylen waren also mehr oder minder vollständig untersucht, und durch diese Untersuchung waren nicht nur die Monokotylen von den Dikotylen getrennt, sondern auch unter diesen eine Spaltung gemacht. Das vorher so umfassende Reinke'sche Gesetz war beträchtlich eingeschränkt worden. Auch wird von der Reinke'schen Beschreibung nebst beigefügten Figuren ein sehr ungünstiges Urtheil ausgesprochen. Inwiefern dies berechtigt ist, wird wohl aus dem Folgenden näher hervorgehen.

Eine dasselbe Jahr erschienene embryologische Arbeit von E. Fleischer[2]), obgleich sie eigentlich nur als ein Anhang zur vorher genannten Arbeit Hansteins über denselben Gegenstand zu betrachten ist, hat doch mehrere Berührungspunkte mit unserer Un-

---

französische Sprache übersetzt: E. von Janczewski, Recherches sur l'accroissement terminal des racines dans les Phanérogames. Ann. des sc. nat., Botanique, 5. Série, T. XX, p. 162—201, Pl. 13—16. Auf diesen Aufsatz zielen alle von uns im Folgenden gemachten Citate hin.

[1]) Freilich nimmt Janczewski (S. 192) hier auch *Elodea canadensis* auf; der Leser wird aber (S. 233) von dem Druckfehler benachrichtigt, und diese monokotyle Pflanze wird unter die anderen Monokotylen eingetragen.

[2]) E. Fleischer, Beiträge zur Embryogenie der Monokotylen und Dikotylen. Flora 1874, S. 369 etc. Taf. VI, VII, VIII.

tersuchung. Die dikotylen Pflanzen, die er behandelt, sind *Asclepias Cornuti*, *Oxalis Valdiviensis* und *Helianthus annuus*. Ausschliesslich embryologisch ist die Behandlung der zuerst genannten Pflanze, indem der Verf. den Bau der Spitze der fertig gebildeten Keimwurzel nicht erwähnt, nur (S. 428—29) sagt, dass man nicht einmal in dem Stadium, wo der obere Theil des Keimes sich in die beiden Kotyledonen differenzirt hat, anzugeben im Stande ist, welche Zellen diejenigen seien, die das noch an den Seiten getrennte Dermatogen der Wurzel zusammenschliessen. Erst noch später, kurz vor der Reife (Tab. VIII, Fig. 28), ist das untere Dermatogen differenzirt und nun erst ist man im Stande, die Initialgruppe des Wurzelvegetationspunktes zu erkennen. Inwiefern diese nun mit dem des *Helianthus* übereinstimmt, nennt der Verf. nicht und es geht nicht aus der Figur 28 hervor. Bei *Oxalis* tritt erst gegen das Ende der Entwicklung des Keimes das regelmässige Bild ein, das den dikotylen Keim auszeichnet (S. 431). Nun ist es wohl warscheinlich, der Verf. habe bei diesen beiden Pflanzen einen mit *Helianthus*, der nachher beschrieben wird, übereinstimmenden Bau der Wurzel im voll ausgebildeten Stadium des Keimes angenommen. Ausdrücklich hat er jedoch nicht, wie Holle in seiner unten (S. 389) zu nennenden Arbeit angiebt, die Oxaliswurzel oder vielmehr die fertig gebildete Wurzel-Anlage dem *Helianthus*-Typus eingeräumt.

Von den übrigen höheren Pflanzen im Bau ganz abweichend ist nach L. Koch[1]) die Keimwurzel, sowie die nur kurze Zeit fortwachsende (S. 37) Pfahlwurzel der *Cuscuta*. Im Vegetationspunkte ist kein Dermatogen, Periblem oder Plerom vorhanden, sondern besteht die Wurzel ganz einfach aus unter einander ziemlich gleichartigen Zellschichten, die gegen das Ende jede ihre Initialen haben, welche sich ganz als Scheitelzellen verhalten (S. 34). Wurzelhaare werden bis auf die Spitze, sogar auf den Initialen selbst entwickelt. Der Bildungsherd des Wurzelkörpers liegt also frei am Tage und nicht, wie bei den normalen angiospermen Pflanzen, unter einem deckenden Gewebe, das von dem Dermatogen und der Haube gebildet ist (S. 36). Dass dieser abnorme Bau hier, sowie bei *Monotropa*

[1]) L. Koch, Untersuchungen über die Entwicklung der Cuscuteen. Morphol. Abhandl. aus d. Geb. d. Morphol. u. Physiol. herausg. v. J. Hanstein, II. Band, 3. Heft.

und *Neottia*, mit den sonderbaren biologischen Verhältnissen der *Cuscuta* in Zusammenhang steht, ist einleuchtend.

Die zuletzt erschienene Arbeit, welche unseren hier vorliegenden Gegenstand abhandelt, ist der schon mehrmals erwähnte Aufsatz von H. G. Holle in der Botanischen Zeitung des vorigen Jahres[1]. In dieser Arbeit werden die beiden von Janczewski aufgestellten Dikotylen-Typen zu einem für alle diese Pflanzen geltenden Helianthus-Typus wieder zusammengeschlagen. Die neuen Repräsentanten dieses Typus, die untersucht worden, sind folgende: *Umbelliferae (Berula), Ranunculaceae (Ranunculus), Acerineae (Acer), Convolvulaceae (Ipomoea), Oleineae (Fraxinus), Aurantiaceae (Citrus), Elaeagneae (Elaeagnus), Nyctagineae (Mirabilis), Artocarpeae (Ficus), Asarineae (Asarum).* Ausserdem wird im Texte (S. 248) auch *Rumex conglomeratus* (Taf., Fig. 5), *Epilobium* und *Datura* erwähnt. Einen bei einzelnen Dikotylenwurzeln „etwa beobachteten abweichenden Bau" ist Holle geneigt nur als eine „Ausnahme von der Regel" nicht als „gleichwerthigen Typus" zu betrachten (S. 246). „Der Begriff des Typus", sagt der Verf. (S. 250), „fordert einen natürlichen Verwandtschaftskreis, für welchen derselbe gelten soll. Man kann aber keinen einheitlichen Typus für zwei so heterogene Familien wie Papilionaceen und Cucurbitaceen aufstellen". Uns scheint es, als sei eine solche Bedingung nicht erforderlich, sondern die beobachteten Verhältnisse die einzig bestimmenden. Im Gegentheil ist es wohl eine sehr gewöhnliche Erscheinung der Natur, dass Gegenstände, die in systematischer Hinsicht von einander entfernt sind, in einem gewissen Umstande grosse Uebereinstimmung zeigen können. Warum sollte es da nicht erlaubt sein, die fraglichen Naturgegenstände, wenn nur dieser einzige Umstand in Erwägung gezogen wird, zusammenzustellen? Auch ist nach unsrer Meinung sehr gleichgültig, welcher Ausdruck, entweder „zwei gleichwerthige Typen" oder „zwei verschiedene Modi des Spitzenwachsthums", angewandt wird. Im Worte liegt weniger Gewicht als in der Sache. „Die nähere Untersuchung dieser Bildungen," fährt der Verf. fort (S. 250), „hat mich nun aber gelehrt, dass hier der Typus nicht einmal vollständig verwischt ist,

[1]) H. G. Holle, Ueber den Vegetationspunkt der Angiospermen-Wurzeln, insbesondere die Haubenbildung. Bot. Zeit. 1876, No. 16—17, Tafel V.

sondern dass, wie so oft, auch hier die Ausnahme die Regel bestätigt.“ Die Pflanzen, die nach Holles Meinung die Richtigkeit der vorgelegten Auffassung von der Einpassung der gesammten Dikotylen unter einen einzigen Typus beweisen würden, sind vorzugsweise einige *Leguminosen*. Bei der Untersuchung dieser ist nicht nur der ausgewachsenen fertig gebildeten Wurzel, sondern auch den früheren Stadien des Wurzel-Lebens des ruhenden Keimes, Aufmerksamkeit gewidmet. Auch ist ein Vergleich zwischen den beiden verschiedenen Stadien bei derselben Pflanze gemacht worden. Dies ist ohne Zweifel ein grosses Verdienst der Arbeit Holles, indem dadurch zur Entscheidung der Frage ein neuer Gesichtspunkt, der vorher gar nicht beabsichtigt worden ist, zur Prüfung herangezogen worden ist. In der Wurzelanlage des ruhenden Keimes fand er also bei den untersuchten Leguminosen und Cucurbitaceen denselben Bau, wie in der ausgekeimten Pfahlwurzel des *Helianthus*. Der von Janczewski aufgestellte Typus, den wir den Leguminosen-Typus benennen wollen, wird nun als eine s. g. Degeneration des gewöhnlichen Helianthus-Typus erklärt. Eine solche Degeneration wird ausserdem als bei dikotylen Pflanzen sehr gewöhnlich angegeben. Endlich beobachtete der Verf. an einigen Leguminosen u. a. in der Wurzelanlage des ruhenden Keimes einen eigenthümlichen Bau, den er „eine merkwürdige Abweichung vom Typus der Dikotylenwurzeln“ nennt. Die Abweichung besteht darin, dass das Periblem an der Bildung der Haube Theil nimmt, während die Epidermis als eine einzelne oder höchstens zwei- bis dreigetheilte Zellreihe den ganzen Wurzelkörper umgiebt. Diesen Bau, der an den der Gymnospermen sehr erinnert, beobachtete der Verf. bei *Acacia galiophylla, A. Lophantha, A. Catechu* und *Juglans regia*.

II.

Ehe wir an die Darstellung der Resultate, die unsere Untersuchungen geliefert haben, gehen, wollen wir zuerst über den Plan unsrer Arbeit und die Methode, welche wir bei der Herstellung der Präparate benutzt haben, einige Bemerkungen vorausschicken. Von der Meinung ausgehend, dass eine umfassende komparative Untersuchung uns am besten entscheiden lasse, welche Auffassung der Frage die natürlichste sei, nahmen wir uns vor, eine grosse Zahl von

Pflanzenformen aus den verschiedenen Gruppen der Dikotylen zu untersuchen. Ganz vorzüglich hielten wir es nöthig, die von anderen Verfassern schon untersuchten Pflanzen von Neuem genau zu untersuchen. In einem Gebiete, wie diesem, wo die subjective Auffassung eine sehr bedeutende Rolle spielt, war es durchaus nöthig, sich die Art eines jeden Verfassers die Sache zu sehen und aufzufassen, so zu sagen, zu lernen. Im Laufe unsrer Untersuchungen aber zog bald auch eine andere Seite der Sache die Aufmerksamkeit auf sich, und wir haben dafür grossen Theils der vor kurzem ausgesprochenen Meinung Holles zu danken, dass der Bau der Wurzelspitze in einem älteren und einem jüngeren Stadium des Lebens der Wurzel ein verschiedener sei, und dass der Fall, der als ein besonderer Typus an einigen Leguminosen und Cucurbitaceen von Janczewski aufgestellt worden war, nichts anderes als ein sekundäres Degenerations-Stadium des gewöhnlichen Typus sei. So hätte z. B. die Wurzel von *Vicia sativa* ein Stadium, wo ihre Wurzelspitze im Baue des Meristems ganz mit der von *Helianthus* übereinstimme. Das primäre Stadium wäre in der Wurzelanlage des reifen Samens vorhanden gewesen. Nicht weiter zurück gingen die Untersuchungen Holles; er fand mit der Untersuchung dieses Entwickelungsstadiums die Frage auf eine befriedigende Weise beantwortet. Auch wir sind bei unseren Untersuchungen nicht weiter zurückgegangen. Wir haben also in den Fällen, wo wir es zweckmässig gefunden haben und die Gelegenheit sich erboten hat, auch die Wurzelanlage des reifen Samens untersucht. Das Zurückgehen auf die noch jüngeren Stadien im Leben des Keimes wäre ohne Zweifel von grossem Interesse gewesen, wir wären aber damit in das Gebiet der reinen Embryologie und da vielleicht zu viel über das Ziel hinaus gekommen, welches wir uns vorgesetzt hatten, nämlich eine komparative Untersuchung der Wurzelspitze bei den Dikotylen.

Was die Methode des Präparirens betrifft, so ist, seitdem „die Scheitelzellgruppe“ von Hanstein herausgekommen, bei Untersuchungen, wie den hier vorliegenden, die von ihm vorgeschlagene die fast allein benutzte. Im Anfange wandten auch wir dieselbe an, als aber die Arbeit M. Treubs über die Wurzel der Monokotylen[1])

---

[1]) Siehe hiervon unten S. 432.

herauskam, fanden wir da eine andere Methode beschrieben, die uns bald den Vorzug vor der Hanstein'schen zu verdienen schien.

Unter einer grösseren Anzahl von Schnitten wurden bei geringerer Vergrösserung die besten zur Behandlung nach der Anweisung Treubs ausgesucht. Auf ein Uhrglas haben wir ein bis zwei Tropfen Wasser gegossen, die zur Behandlung bestimmten Schnitte hineingelegt, eine Messerspitze trocknen Chlorkalciums auf die Schnitte gebracht und dann dieselben bis zum Kochen erhitzt. Doch haben wir es nicht immer für zweckmässig gehalten, bis zu vollkommener Trockenheit zu erhitzen. Freilich ertragen einige Pflanzen z. B. die Malvaceen, die Wurzelanlagen der Erbsenpflanzen u. s. w. eine Abdampfung bis zu vollkommener Trockenheit sehr gut, keineswegs aber alle, sondern müssen manche mit grosser Vorsicht und Mässigkeit behandelt werden, wofern sie nicht ganz zerstört werden sollen. Versuche haben für jede Pflanze die dienlichste Verfahrungsart bestimmen müssen. Nachdem die Erhitzung bis zum passenden Zeitpunkte fortgegangen, haben wir den mehr oder minder trocknen Rest auf dem Urglase auf's Neue mit einigen Tropfen destillirten Wassers befeuchtet und darnach mit einer Spritzflasche mehr Wasser aufgegossen, so dass die Präparate im Wasser umher schwammen. Dann wurden sie in Glycerin, entweder mit Wasser vermischt oder concentrirt, sowie es in jedem Falle am dienlichsten gefunden wurde, hineingelegt. Die so behandelten Präparate sind jetzt zur Untersuchung fertig. Beide Seiten der Schnitte und gewöhnlich viele Schnitte jeder Pflanzenart haben wir genau untersucht. Wo der Vorrath an Material geringer war, haben wir dies im Folgenden besonders erwähnt. Endlich haben wir die Präparate zur Aufbewahrung für näheres Durchsehen und Vergleich eingelegt. Diese von Treub angewandte Methode hat, wie er selbst hervorhebt, vor der Hanstein'schen den Vorzug, dass der gegenseitige Zusammenhang der Zellen, die Anordnung in Reihen und Schichten zu beobachten viel leichter wird. Durch die Hanstein'sche Behandlung, auch wenn sie nur mässig angewandt wird, werden die Präparate so durchsichtig, dass es fast unmöglich ist zu entscheiden, welche Zellen derselben Zellschicht angehören. Freilich zeigt eine verschiedene Einstellung verschiedene Schichten; aber eine Verwechselung derselben findet sehr leicht statt und ist in vielen Fällen in Folge der glasartigen Durchsichtigkeit vielleicht sogar un-

vermeidlich. Wo Treubs Methode durchaus unbrauchbar gefunden wurde, haben wir gewöhnlich diejenige Hansteins gebrauchen müssen, wie bei *Gunnera, Nuphar, Escallonia* u. a.; in solchen Fällen aber sind auch unsere Zweifel, welche Auffassung die richtige sei, grösser als sonst gewesen. Bisweilen wurde es zweckmässig gefunden, erst nach Zusatz von Kalihydrat und Auswaschen desselben mit Chlorcalcium zu behandeln, wie bei *Convolvulus Cneorum*.

Will man nun die Resultate, welche die Untersuchungen geliefert haben, zu einem Ganzen zusammenfassen, so können wir der von Treub bei den Monokotylen gebrauchten Methode, jede Familie für sich zu beschreiben, nicht folgen. Weit entfernt, im Bau des Meristems dei Wurzelspitze ein Merkmal von systematischer Bedeutung zu finden, haben wir oft bei nahe verwandten dikotylen Pflanzen den Bau desselben ganz verschieden getroffen.

Nach unseren Untersuchungen möchten wir vier verschiedene Typen unterscheiden, ohne dass wir mit dem Namen Typus eine vom ersten Stadium der Wurzel-Anlage bis zum letzten der entwickelten Wurzel durchgehende grundwesentliche Verschiedenheit bezeichnen wollen. Zwischen diesen Typen sind zahlreiche Uebergänge vorhanden und unter den im Folgenden erwähnten Pflanzen sind mehrere, über deren richtige Stellung wir stets in Ungewissheit geblieben sind und welche wir erst nach grossem Zweifel unter einen der aufgestellten Typen einbringen können.

III.

Erster Typus.

Raphanus sativus (Taf. XVIII, Fig. 1). Eine so eben aus gekeimte Pfahlwurzel ist in der Figur abgebildet. Die dunklen Striche hier wie in den übrigen Figuren, wo sie vorkommen, deuten die Grenzen zwischen den vorhandenen Meristemgeweben an. Diese sind hier drei, Plerom (pl.), Periblem (pb.) und Dermokalyptrogen (dkg.).

Das Plerom, welches den Centralcylinder (cylindre central Jancz.) der Wurzel bildet, besteht aus einer grossen Zahl von Zellreihen, deren Zellen sehr klein sind. Nur die Zellen der äussersten Reihe zeichnen sich durch eine beträchtlichere Grösse aus. Diese Zellreihe setzt sich rings um das Plerom als eine geschlossene Zellreihe fort, die sich nicht weit von der Spitze als Perikambium

(pk.) differenzirt. Die Theilungen derselben geschehen nur mit radial gestellten Wänden. Dass die äusserste Zellreihe des Pleroms dem ganzen übrigen Plerom gegenüber wirklich eine grosse Selbständigkeit einnimmt, scheint bei der Untersuchung aller solcher Pflanzen hervorzugehen, wo eine scharfe Grenze zwischen Plerom und Periblem im Vegetationspunkte vorhanden ist. In den Fällen allein, wo eine Zellreihe von hier beschriebenem Aussehen vorkommt, ist es möglich, zwischen diesen beiden Meristemgeweben mit Bestimmtheit die Grenze anzugeben. Die obersten gegen die Spitze selbst liegenden Zellen dieser Reihe mögen deshalb nicht, wie Janczewski es will, als Initialen des ganzen Pleroms, sondern nur als Initialen der äussersten Zellreihe, die man gern bis zur Spitze hinaus die Perikambium-Reihe nennen könnte, aufgefasst werden. Ebenso ist auch die Auffassung Fleischers, da er sagt (a. a. O., S. 432): „das Perikambium lässt sich leicht bis auf den Wurzelvegetationspunkt hinab verfolgen, wo es aus besonderen Initialen hervorgeht."

Die Initialen der ganzen übrigen Plerom-Masse bildet die nächst innerhalb liegende Gruppe von mehr ungeordneten Zellen. Hier im Inneren des Pleroms geschehen die Theilungen sowohl mit tangentialen als radialen Wänden. Je weiter man von der Spitze fortgeht, jemehr wird die Zahl der Plerom-Zellreihen durch die neuen tangentialen Wände vermehrt. Diese Wände entspringen hauptsächlich oder wenigstens theilweise in den am nächsten unter der Perikambium-Reihe liegenden Zellen. So zeigt sich auf der rechten Seite der Figur an zwei Stellen, wie eine dieser Zellen, so zu sagen, eine Initiale zweier aus derselben entstammenden nach abwärts [1]) verlaufenden Zellreihen ist. Auf der linken Seite der Figur tritt aber nur einmal eine solche Zelltheilung und diese kaum deutlich hervor. Die Entwickelung des Pleroms als centrifugal angeben, dürfte daher nicht berechtigt sein. Dasselbe gilt auch für von mir untersuchte Pflanzen. Ein Querschnitt fast jeder Wurzel bestätigt dies. Im Plerom geht also die Zelltheilung theils mit radialen, theils mit tangentialen Zellwänden vor sich, wenn auch bisweilen eine Tendenz zu vorwiegend centrifugaler Entwickelungsordnung sich geltend macht.

---

[1]) Hier, wie überall, verstehen wir mit „abwärts" die Richtung von der Spitze aus, mit „aufwärts" die Richtung gegen die Spitze der Wurzel

Gleich ausserhalb des Pleroms liegen die Zellreihen des Periblems, die in den da vor sich gehenden Zelltheilungen eine weit grössere Regelmässigkeit zeigen. Aus den vier in einer einzelnen Reihe liegenden Initialen gehen die sämmtlichen Zellreihen des Periblems hervor, die auf der rechten Seite der Figur die Zahl 5, auf der linken 4 erreichen. Auf beiden Seiten ist indessen der Umfang etwa derselbe und zeigt sich eine sehr bestimmte Anordnung der neuen tangentialen Zellwände, durch welche die Verdoppelung der Zellreihen stattfindet. In den mittelsten Initialen sind die neuen Zellwände allein radial, dann und wann aber, wenn die Raumverhältnisse es fordern, erscheinen in den am meisten seitwärts liegenden Initialen auch tangentiale Wände, wobei jede der neuen Tochterzellen mit je einer von aussen oder unten ihr angrenzenden Zellreihe korrespondirt. Die äussersten dieser Tochterzellen theilen sich nicht weiter durch tangentiale Wände, sondern nur durch radiale nach dem Maasse des allgemeinen Zuwachses. Anders ist es aber mit den nach innen zu liegenden Zellen. Geht man nämlich von der Spitze nach unten zu, so sieht man hie und da eine Verdoppelung einer Zellreihe; dies tritt immer in der innersten Reihe ein. Hier mag also die Auffassung ganz berechtigt sein, dass die Entwickelungsordnung des Periblems centripetal ist. Dass es so ist, geht auch aus einem Querschnitte der Wurzel deutlich hervor. Die innerste Reihe des Periblems differenzirt sich zuletzt als Kernscheide (ks.; Gefässbündelscheide; couche protectrice Jancz.), die äusserste als Subepidermal-Schicht. Auch Janczewski unterscheidet bei *Helianthus* eine äusserste Zellschicht des Periblems (a. a. O., S. 181): „elle se dédouble rarement, et représente la couche sous-épidermique.“ Der ganze übrige Theil des Periblems giebt der eigentlichen, primären Rinde den Ursprung.

Das dritte, für sich scharf differenzirte Gewebe der Wurzelspitze ist dasjenige, aus welchem theils die Epidermis, theils die Zellschichten der Wurzelhaube sich entwickeln. Dies ist seit den oben erwähnten Arbeiten Hansteins Dermatogen genannt worden. Das Dermatogen bei den Gewächsen ist anfangs (Die Scheitelzellgruppe) als eine einzelne sehr früh differenzirte Zellreihe, die die ganze übrige Zellmasse umgiebt, von diesem Verf. beschrieben worden. Die Theilungswände sind nur radial (S. 7).

Die Schlussbestimmung desselben ist folgende: „von Anbeginn ein selbständiges Sondergewebe. Seine Zellen differenziren sich in Epiderm-Dauerzellen und Trichom-Mutterzellen“ (S. 21). In der letzteren ausführlicheren Arbeit Hansteins (Die Entwickelung des Keimes), wo auch die Wurzel behandelt wird — was in Der Scheitelzellgruppe nicht der Fall ist — wird dieselbe Terminologie auch für das Meristem der Wurzel beibehalten. Das bei oberirdischen Pflanzentheilen als eine einzelne Zellreihe auftretende Dermatogen erhält nun ein neues Merkmal, das mit der voraus gelieferten Bestimmung nicht ganz gut übereinstimmt. In der Wurzelspitze theilt es sich nämlich wiederholt mit tangentialen Wänden, wobei die Wurzelhaube schichtweise nach aussen abgeschieden wird. Zu der diese Gewebe vorher allein auszeichnenden radialen Zelltheilung kommt also hier eine mit tangentialen Wänden hinzu. Die Epidermis würde also als eine nach den stufenartigen Absätzen stets dünner werdende Zellreihe unter die Schichten der Haube bis zur Spitze verfolgt werden können. Es scheint uns aber fraglich zu sein, inwiefern diese Auffassung die natürlichste und berechtigtste ist. Ist die kleine Reihe von dünnen tafelförmigen Zellen, die sich unmittelbar ausserhalb der Initialen des Periblems befindet, wirklich als ein Dermatogen aufzufassen, das durch stets wiederholte Theilung die Haube schichtweise abscheidet? Ist wirklich im jüngeren oder jüngsten Leben ein Stadium vorhanden, wo das Dermatogen als eine einzige Zellreihe den ganzen Keim, auch die Wurzelspitze, umgiebt, und tritt nach diesem ersten ein zweites Stadium ein, wo eine tangentiale Zelltheilung, durch welche die Schichten der Haube abgesondert werden, anfängt? Um diese Fragen beantwortet zu erhalten, müssen wir auf das embryologische Gebiet, wie dieses uns durch bisher gemachte Forschungen bekannt ist, einen Blick zurückrichten. Wir wollen uns da vorzugsweise mit Hansteins eigener Arbeit beschäftigen, da diese der seitdem gewöhnlichen Deutung zum Grunde liegt.

Der einzige Verfasser, der eine abweichende Meinung ausgesprochen hat, ist Janczewski, der das s. g. Dermatogen der Wurzel nicht für eine primäre in die Spitze zusammenlaufende Zellreihe, sondern für ein sekundäres Gewebe hält, welches nicht bis in die Spitze reicht, sondern erst ganz nahe derselben anfängt. Die ein-

fache Reihe der kleinen in radialer Richtung etwa gleichen tafelförmigen Zellen, die die äussersten Enden des Dermatogens vereinigt, hält er im Gegentheile für ein *Kalyptrogen.* Gegen diese Auffassung Janczewskis hat indessen Holle in seinem oft erwähnten Aufsatze Einwendungen erhoben, und die Hanstein'sche Meinung zu vertheidigen gesucht. Diese Einwendungen scheinen uns aber von geringer Bedeutung zu sein. Was zuerst die Anwendung der Auffassung Janczewskis auf die Scheitelzelle der Kryptogamenwurzel betrifft, so scheint uns eine solche hier durchaus nicht zutreffend. Es handelt sich hier um ein Zellgewebe (Zellplatte), das zweien verschiedenen Bildungen Ursprung giebt. Zu welcher derselben jenes am richtigsten zu rechnen ist, muss die Entwickelungs-Geschichte entscheiden. Hier genügt nicht der Vergleich aus einem Gebiete, wo dieses Zellgewebe nicht vorkommt. Ebenfalls geschieht es nach unserer Meinung wohl nicht, um „die Gleichwerthigkeit der Haube" zu retten, dass Janczewski sich eine abweichende Meinung erlaubt hat, sondern vielmehr, um das Künstliche der gewöhnlichen Erklärung zu vermeiden, obgleich er es sich nicht deutlich genug gemacht hatte, worin dies eigentlich besteht. Daher scheint uns eben so wenig der Vergleich mit den Kryptogamen wie das übrige von Holle Angeführte die Richtigkeit der Hanstein'schen Auffassung zu beweisen. Es scheint uns etwas Uneigentliches schon darin zu liegen, in der Haubenbildung „eine zufällig[1]), oder vielmehr infolge der gleichen Lebensbedingungen allen Wurzeln zukommende[1]) Einrichtung" (Holle a. a. O., S. 247) zu sehen. Ist die Haube eine Bildung, die allen Wurzeln zukommt, so mag sie wohl nicht als zufällig angesehen werden!

Wenden wir uns nun zur Embryologie, so scheint uns diese, wie sie in allen neuen Arbeiten dargestellt wird, für die gewöhnliche Auffassung nicht eine hinreichende Stütze zu liefern. Schon in der zweiten Arbeit Hansteins finden wir bei der Bestimmung des Dermatogens ein Schwanken. Dieses, welches sich sehr früh differenzirt, umgiebt wohl den grössten Theil der jungen Keim-Anlage, nicht aber die ganze. Bei der Wurzelspitze wird es nur bis

[1]) Die Cursivirung ist von uns gemacht.

nach der oder den s. g. Schlusszellen fortgesetzt, die später der Keim-Anlage einverleibt werden. Ausdrücklich wird an mehreren Orten in der Arbeit Hansteins wie auch in denjenigen anderer Forscher diese Begrenzung des Dermatogens festgehalten. Dass dieses, das jetzt differenzirte Dermatogen, ein wirklich primäres Gewebe ist, wird wohl Niemand bestreiten können oder wollen. Aber ist es wohl dies Dermatogen, das das Meristem der nachher entwickelten Epidermis der Wurzel ausmacht? Die Embryologie spricht nein. Die vom Vorkeime nachher eingepassten Schlusszellen werden bald die wirklichen Anfangs-Zellen aller Gewebe der Wurzel, das Plerom ausgenommen, ausmachen.

Bisweilen geschieht es wohl, dass die Anschluss- oder Hypophysen-Zelle sich in eine innere Tochterzelle, welche die Zellreihen des Periblems, und in eine äussere, welche die des Dermatogens zusammenschliesst, theilt, dies ist aber nicht immer der Fall. Bei der Pflanze, welche bei Hanstein der Darstellung der Dikotylen zu Grunde liegt, bei *Capsella Bursa Pastoris,*[1]) tritt nicht eine einzelne oder mehrere in einer einfachen Reihe Seite an Seite liegende Zellen als Schlusszellen des Dermatogens auf, sondern im ersten Stadium, wo ein Zusammenschliessen beobachtet wird, geschieht dies mittelst zweier Zellreihen. Bald nach dieser Einpassung tritt in den am nächsten zu den Seiten liegenden wirklichen Dermatogen-Zellen eine tangentiale Theilung ein (z. B. a. a. O., Taf. 2, Fig. 36, 37 u. s. w.) „Damit entstehen“, sagt der Verf. (a. a. O., S. 13), „in diesen Dermatogenzellen Töchterpaare (d^2 und h), welche seitlich die zweite und dritte Zellschicht der Hypophyse (s^2, s^3) unmittelbar fortsetzen, und es kommen dadurch zwei gekrümmte Reihen zu Stande, die nun mit einander wie eine Doppel-Kappe die Keimlings-Basis von unten her bedecken.“ Die innere (s^2) der beiden aus der Hypophyse eingepassten Zellreihen hält also Hanstein für eine

[2]) Eine im Laufe des vorigen Jahres erschienene Arbeit von M. Westermaier, Die ersten Zelltheilungen im Embryo von Capsella bursa pastoris. Mit Tafel XIV, Flora 1876, S. 483, 498, 515, beschäftigt sich nur mit den allerersten Theilungen bei der Embryobildung und erstreckt sich nicht so weit in das Leben des Keimes, dass sie unseren Gegenstand auf irgend welche Weise berührt.

Fortsetzung des Dermatogens, für dessen Schlusszellen und Initialen, die äussere (s^3) aber mit den äusseren der aus dem wirklichen Dermatogen herrührenden Zellen (h) zusammen für die Mutterzellen der Wurzelhaube. Diese letztere Zellreihe ($s^3 + h$) scheint uns jedoch den Namen von Mutterzellen nicht zu verdienen. Zwar werden diese Zellen einen Theil der Haube, nämlich die äusserste Zellreihe oder, wenn eine tangentiale Theilung darin eintritt, die zwei bis drei äussersten Zellreihen derselben ausmachen; deshalb sind sie aber nicht die Mutterzellen der Haube, insofern damit die Anfangs-Zellen zu verstehen sind, aus welchen die Haube, die später aus zwanzig oder noch mehr Zellreihen bestehen kann, ihren Ursprung nimmt. Sie sind nur Mutterzellen des äussersten kleinsten Theiles der Haube.

Natürlicher scheint es uns, die fragliche Zellreihe ganz einfach als die erste der Zellschichten der Haube aufzufassen. Zu einer solchen Auffassung sieht sich auch Hanstein selbst bald genöthigt, da er schon S. 14 die dritte Hypophysenschicht (s^3) „die erste Wurzelhaubenschicht" nennt. Ebenso nennt er S. 16 die genannte Zellreihe zuerst „die Wurzelhauben-Mutterzellen" und weiter unten „die zuerst gebildete Wurzelhaubenschicht". Aus einer bald darauf vor sich gehenden tangentialen Theilung der Zellreihe innerhalb derselben entstehen „die zweite Wurzelhaubenschicht (h^2)" und „ein fortbildendes, neu verjüngtes Dermatogen (d^3)"; nach einer gleichen Theilung des letzteren „die dritte Haubenschicht (h^3)" und „eine Dermatogen-Schlussgruppe vierter Ordnung (d^4)" (a. a. O., S. 17). Das Künstliche dieser Auffassung und das Schwankende und Widersprechende der Ausdrücke wird, so scheint es uns, vermieden, wenn man die Sache in derselben Weise, wie wir es thun werden, betrachtet.

Wenn eine neue Schicht von Zellen in der Haube gebildet wird, so geschieht dies nicht in den von Hanstein als Hauben-Mutterzellen bezeichneten Zellen (s^3), sondern in denjenigen Zellen (s^2) der inneren Reihe, die als Schlusszellen, Initialen des Dermatogens, bezeichnet wurden. Es scheint uns daher, als verdienten diese letzteren eher als Mutterzellen der Haube bezeichnet zu werden, und man könnte sagen, dass sie ihre Eigenschaft eines Kalyptrogens früher als die eines Dermatogens gezeigt haben. Denn schon ehe sie in die übrige Zellmasse so eingepasst worden sind, dass sie mit den Dermatogenzellen an den Seiten korrespondiren, haben sie ja die

erste Schicht der Haube abgeschieden.[1]) Auch scheint uns die von Reinke, Janczewski u. a. gelieferte Darstellung der Entwickelungsgeschichte der Seitenwurzel für unsere Auffassung zu sprechen. Die Natur der fraglichen Zellschichte als Kalyptrogen tritt wenigstens eben so früh wie die als Dermatogen hervor. Die ersten Stadien scheinen uns also keine Stütze für die Hanstein'sche, seitdem allgemein angenommene Auffassung zu bieten, dass es das Dermatogen wäre, welches durch tangentiale Theilungen der Haube den Ursprung gäbe. Nimmt man auf *Capsella* allein Rücksicht, welche Pflanze die am genauesten untersuchte ist, so könnte man eher sagen, dass das Dermatogen grösstentheils wenigstens in einem späteren Stadium des Lebens der Wurzel ein sekundäres Gewebe sei, das aus den Anfangszellen der Haube entspringe. Man möchte dann bei der Meinung stehen bleiben, welche Janczewski bei *Helianthus* so treffend schildert (a. a. O., S. 182): „La coiffe se régénère par une couche calyptrogène appliquée à la surface de l'écorce primaire. L'activité de cette couche étant la plus intense au sommet, la coiffe y est la plus volumineuse, et diminue en épaisseur vers sa base. Les divisions de la couche calyptrogène étant acropètes, sa fonction s'éteint dans le même sens. Le sort qui est destiné à cette couche est cependant tout autre que dans les racines du deuxième type (*Hordeum, Zea, Stratiotes*); elle ne s'exfolie jamais avec les couches inertes de la coiffe mais se transforme directement en épiderme, qui se trouve composé d'autant de portions de différent ordre, qu'il y avait de couches dans la coiffe.“

Es sind aber auch andere Pflanzen, theils von Hanstein, theils von anderen Forschern beschrieben worden, wo die s. g. Schlusszellen des Dermatogens als solche eingepasst sind, ehe irgend eine Zellschicht der Haube entwickelt worden ist. Eine einfache Zellreihe tritt auf, die eine deutliche Fortsetzung und Verbindung des wirklichen beiderseitigen Dermatogens bildet. Auch in diesem Falle aber sind die ersten Theilungen der zwei Schlusszellen des Dermatogens meist tangential, d. h. die Natur von Kalyptrogen tritt zuerst hervor, wie bei *Nicotiana Tabacum* (Hanst. a. a. O., S. 29, Taf. 6, Fig. 25), *Viola Altaica* (S. 30, Taf. 7, Fig. 3 A).

---

[1]) Bei *Asclepias Cornuti* ist nach Fleischer (a. a. O., S. 428, 442) eine Wurzelhaube grosser Mächtigkeit vorhanden (Fig. 26, 27, Tab. VIII), ehe das untere Dermatogen sich aus der vorher ungeordneten Zellmasse differenzirt hat.

Sei nun der eine (*Capsella*) oder andere (*Nicotiana*) Fall vorhanden, so scheinen uns jedoch stets diese Schlusszellen von einem so fremden Ursprung und in ihrer künftigen Eigenschaft so spät differenzirt zu sein, dass sie nicht ganz einfach Dermatogenzellen in derselben Meinung wie die übrigen Dermatogenzellen genannt werden können. Insofern ein Name schon in sich, wenn möglich, seine Definition enthalten soll, so können wir für die fragliche Zellreihe keine dienlichere Benennung als Dermokalyptrogen finden, wenn auch dieser Name länger ist, als es zu wünschen wäre. Das Dermokalyptrogen ist also das Meristemgewebe, aus welchem sowohl das Hautgewebe (Epidermis) als die Haube (Calyptra) der Wurzeln gewisser Dikotylen den Ursprung nimmt. Nun ist wohl in Betreff der jüngeren Stadien zu bemerken, dass es nicht allein die Schlusszellen sind, die den Zellschichten der Haube Ursprung geben. Auch in den an die Schlusszellen grenzenden wirklichen Dermatogenzellen wird, wie oben erwähnt, die tangentiale Theilung fortgesetzt (vergl. z. B. Hanst. a. a. O., Taf. 2, Fig. 36 u. a.), wodurch also eine Bildung der Haube zum Theile wenigstens aus dem wirklichen Dermatogen dargethan worden wäre. Wir müssen aber hiebei bedenken, dass die aus diesen angrenzenden Dermatogenzellen entstandenen Theile der Haube einen sehr geringen Theil derselben, wenigstens in den mehr vorgeschrittenen Stadien, ausmachen. Die Wachsthumskraft wird gegen die Spitze, so zu sagen, konzentrirt und bald, ehe der Keim fertig gebildet ist, geht ohne Zweifel in den Zellen allein, die als das Produkt der Schlusszellen zu betrachten sind, die eigentliche Fortbildung vor sich. In den späteren Stadien der ausgebildeten Wurzel sind sowohl die Epidermis als die Haube grösstentheils als Abkömmlinge der Schlusszellen zu betrachten.[1])

Nach der Auffassung, die wir hier zu begründen versucht haben, ist also bei der hier ursprünglich vorliegenden Pflanze, *Raphanus sativus*, ausser den zuerst beschriebenen Meristemgeweben, dem Plerom und dem Periblem, mit je ihren Initialen, noch ein drittes, das Dermokalyptrogen (auf Fig. 1 sowohl als auf den folgenden Figuren

[1]) Bei den Monokotylen ist nach der Darstellung Hansteins die Haube ein Erzeugniss der Schlusszellen allein (z. B. *Alisma Plantago*, S. 38—39, Taf 8, Fig. 15).

mit dkg. bezeichnet) am Scheitel der Wurzel, das freilich hier in Folge einer schrägen Entwickelung der Haube, sowie vorher des Periblems, nicht so grosse Regelmässigkeit, wie es sonst oft der Fall ist (vergl. z. B. uns. Taf. XXV, Fig. 3), zeigt, doch aber gut unterschieden werden kann. Diese Zellreihe besteht auf Fig. 1 aus 14 Zellen. Bei den vorhergegangenen Absonderungen der Schichten der Haube ist die Entwickelung sehr regelmässig gewesen, wie aus der Fig. hervorgeht; erst bei der letzten sind auf der rechten Seite zwei Reihen tangentiale Theilungswände gegen eine auf der linken eingetreten. Sonst zeigt diese Pflanze in der Bildung der Haube eine bemerkenswerthe Regelmässigkeit. In den ausser einander liegenden Zellcurven passen die angrenzenden Zellen sehr gut zusammen und bilden in der Mitte der Haube eine Säule, wie Holle beschreibt. Diese Säulenbildung in der Mitte der Haube kann erklärt werden, wenn man eine in diesen mittelsten Zellreihen, wenn auch sparsam, vor sich gehende regelmässige Zelltheilung mit radialen Wänden annimmt, die vom Dermokalyptrogen bis an die Oberfläche genau mit einander korrespondiren.

Wenn die mittelsten und zum Theile auch die übrigen Dermokalyptrogen-Zellen sich in radialer Richtung gestreckt haben, tritt in ihnen eine Zelltheilung mit tangentialen Wänden ein. Einige der äussersten erfahren jedoch keine solche Theilung, sondern bleiben ungetheilt und sind dadurch als wirkliche Epidermiszellen abgeschieden, die sich nachher in ihrer Ordnung mit radialen Wänden theilen. An der Wurzel irgend einen eigentlichen Unterschied zwischen Dermatogen und Epidermis, wie am Stamme, zu machen, dazu scheint uns kein Grund vorhanden zu sein. Keine beträchtliche Verschiedenheit der äussersten Zellreihe der Wurzel in den jüngeren und in den älteren Stadien ist vorhanden. Wir ziehen deshalb vor, die aus dem Dermokalyptrogen abgetrennten Zellen schon von ihrer ersten Absonderung an Epidermiszellen zu nennen. Ein Blick auf die Fig. zeigt ferner, dass in den abgesonderten Curven der Haube nur auf einer Stelle nachher eine tangentiale Theilung eingetreten ist, wodurch zwei Zellreihen anstatt einer gebildet sind, und dass nach den Seiten der Haube radiale Theilungen oft vorkommen, wodurch die Anordnung in Säulen hier aufhört.

Einen solchen Bau der Wurzelspitze, wie den jetzt bei *Raphanus*

beschriebenen haben wir selten beobachtet. Er ist eines der äussersten Glieder in der Kette, welche die untersuchten Dikotylen bilden. Unter den wenigen einen solchen Bau zeigenden Pflanzen haben wir zur ausführlichen Beschreibung dem *Helianthus* den *Raphanus* vorgezogen, da von jenem schon so viel geschrieben und dieselbe von Janczewski so gut und erschöpfend behandelt worden ist. Ausserdem ist *Raphanus* eine der wenigen Pflanzen, welche Reinke erwähnt und abbildet. Dass auch diese Figur Reinkes wenig befriedigend ist, ist leicht zu sehen. Dies gilt vorzugsweise für das äusserste Plerom, das, wie wir oben gezeigt haben, als ein in der Spitze deutlich abgerundeter centraler Theil mit einer ringsumher fortlaufenden Perikambium-Zellreihe fortwächst. Die grosse Aehnlichkeit dieser Figur Reinkes mit mehreren in der embryologischen Arbeit Hansteins abgebildeten Wurzelspitzen bei anderen Pflanzen ist ausserdem so augenscheinlich, dass es schwer ist, dasselbe nicht zu bemerken. Es scheint fast, als wäre Reinke durch eine allzu lebhafte Erinnerung an die Arbeiten seines Vorgängers verhindert worden, die Sache auf genug selbständige Weise zu sehen. Uns scheint also, auch was diese Figur Reinkes betrifft, die Behauptung Janczewskis berechtigt zu sein, wenn er sagt, dass dessen Figuren mehr als zulässig schematisch sind.

Mit den Wurzelspitzen des *Raphanus* stimmen die jungen von der alten Wurzel aussprossenden Faserwurzeln bei *Plantago media* überein. Das Plerom ist deutlich getrennt mit zum Theile centrifugaler Entwickelung. Das Periblem wird aus in einer einzelnen Reihe liegenden grossen Initalien ausschliesslich centripetal entwickelt. Die Epidermis und Haube gehen aus einem gemeinsamen Dermokalyptrogen hervor, das sich sehr weit an den Seiten hinunter erstreckt. Die Haube hat grosse Mächtigkeit; ihre Zellen liegen aber nicht so deutlich in Reihen angeordnet, wie bei *Raphanus*, sondern mehr ungeordnet.

Die Beiwurzel des *Coleus hybridus* (Taf. XVIII, Fig. 2) stimmt mit den Wurzeln der beiden vorigen meist überein. Die Haube (m.) hat jedoch weit kleinere Stärke, die Zellen sind aber ziemlich deutlich in Reihen angeordnet.

Bei *Helianthus annuus* haben wir die so eben ausgekeimte Pfahlwurzel untersucht und sie mit der von Janczewski gelieferten Beschreibung gut übereinstimmend gefunden. Was übrigens diese Pflanze

betrifft, so können wir nicht unterlassen, die sonderbare Vorliebe zu bemerken, mit der sie zum Gegenstande der Untersuchung gemacht worden ist. Dies ist deshalb bemerkenswerth, weil diese Pflanze rücksichtlich der Präparation grosse Schwierigkeiten darbietet. Die Wurzeln sind sehr zart, und nur gleich nach dem Auskeimen der Pfahlwurzel so dick, dass es möglich ist, auf gewöhnliche Weise, durch Hollundermark, brauchbare Schnitte zu schneiden. Der Bau in der Wurzelspitze der noch feineren Seitenwurzeln lässt sich schwerlich untersuchen, wenn man nicht eine andere Methode zum Schneiden, z. B. durch Talg und Paraffin (nach der Anweisung L. Kochs a. a. O., S. 24—25) benutzt. Von keinem der Verfasser, die den *Helianthus* und andere mit demselben rücksichtlich der Feinheit der Wurzeln übereinstimmende Pflanzen z. B. *Fagopyrum, Linum* untersucht haben, wird jedoch eine solche Methode erwähnt.

Wenn wir endlich noch die Beiwurzel von *Polygonum amphibium aquaticum* und die Wurzelanlage von *Fraxinus excelsior* anführen, so haben wir alle die Fälle angeführt, wo wir die Wurzelspitze wie bei *Raphanus* gebaut gefunden haben. Alle diese sind in der That nichts als Repräsentanten des alten Helianthus-Typus wie dieser bei *Helianthus* selbst hervortritt.

Es sind aber unter diesem Typus auch einige Pflanzen einbegriffen worden, die in gewisser Hinsicht von *Helianthus* abweichen. So beschreibt schon Reinke *Trapa natans* als durch den Bau des Periblems in der Spitze ausgezeichnet, indem die Initialen desselben in zwei Reihen liegen. Dieser einzige Fall ist die Ursache gewesen, dass Reinke u. a. das Periblem der angiospermen Wurzel als aus gewöhnlich in einer einzelnen Reihe liegenden Initialen entstehend beschrieben hat. Janczewski erwähnt einen gleichen Fall bei *Linum usitatissimum.* Die Wurzeln der jungen Keimpflanzen dieser Pflanze zu untersuchen sind auch wir in der Lage gewesen und haben dabei die von dem genannten Verfasser gelieferte Beschreibung und Abbildung ganz bestätigt gefunden. Da wir im Laufe unserer Untersuchungen mehrere gleiche Fälle gefunden haben, so haben wir es für zweckmässig gehalten, alle diese mit *Linum* (und *Trapa*) als eine besondere Abweichung von *Helianthus* zusammenzustellen. Diese wollen wir die *Linum*-Modifikation benennen. Wir gehen nun zur Beschreibung einiger solcher Fälle.

Menyanthes trifoliata (Taf. XIX, Fig. 3—7). Da diese Pflanze manches Interesse bietet, auch was unsere Auffassung der Hauben-Bildung betrifft, so wollen wir dieselbe etwas ausführlicher behandeln. Die untersuchten Wurzeln waren Beiwurzeln. Das Plerom (pl.) hat einen gewöhnlichen Bau. Die Zellreihen desselben werden zum Theile centrifugal entwickelt. Die Zellen der äussersten Reihe, des Perikambiums (pk.), sind grösser als die übrigen und treten dem übrigen Plerom gegenüber scharf getrennt hervor. Die an der Spitze liegenden Zellen dieser Reihe scheinen die Initialen dieser Zellreihe für sich allein zu sein, so wie wir es bei *Raphanus* bemerkt haben. Die Zellreihen des Periblems (pb.), die bei der rechten Seite der Fig. 3 die Zahl 12, bei der linken 13 erreichen, laufen wie gewöhnlich an der Spitze zusammen. Die äusserste Reihe (sep.) geht indessen für sich selbständig ringsum fort. Die Initialen des Periblems liegen also in zwei Reihen. In diesen beiden korrespondiren die Zellen nicht immer so mit einander, wie es auf der Fig. 3 abgebildet ist. Da tritt auch die gegenseitige Selbständigkeit der Initialreihen noch deutlicher hervor. Die äusserste Initialreihe wird, wie gesagt, nur von einer durchaus einzelnen Zellreihe fortgesetzt, die die ganze übrige Periblem-Masse, wie das Perikambium die übrige Plerom-Masse, umgiebt. In dieser äussersten Zellreihe des Periblems gehen die Theilungen nur mit radialen Wänden vor sich. Auf dem Querschnitte (Fig. 4, 5) wird diese Zellreihe bei verschiedener Entfernung von der Spitze als eine deutliche Subepidermis (sep.) von ziemlich dünnwandigen in radialer Richtung mehr und mehr ausgedehnten Zellen erkannt. An Grösse übertreffen sie weit so wohl die kleinen mit dicker Aussenwand (Cuticula) versehenen Epidermis-Zellen (ep.), wie auch die am nächsten innerhalb liegenden zwei oder drei Reihen kleiner anfangs (Fig. 4) dünnwandiger, schliesslich (Fig. 5) dickwandiger (kollenchymatischer) Zellen, die aus der nächst innerhalb der Subepidermis liegenden Zellreihe ihren Ursprung nehmen. Die Subepidermis nun ausgenommen, entspringen alle die Periblemreihen aus wenigen, auf der Fig. 3 aus drei, in einer einfachen Reihe liegenden Initialen. Die Entwickelungs-Ordnung ist hier meist centripetal. Die äusserste aus diesen Initialen entstehende, also gleich unter der Subepidermis liegende, Zellreihe theilt sich nämlich ganz nahe der Spitze in zwei

oder drei verschiedene Zellreihen (Fig. 3), welche die oben erwähnte Kollenchym-Schicht bilden. Aus der übrigen Periblem-Masse wird die primäre Rinde entwickelt, welche bei dieser Pflanze einen sehr eigenthümlichen Bau zeigt. Auf einem Querschnitte (Fig. 6) nahe der Wurzelspitze wird im Innersten die Kernscheide (ks.) mit ihren nicht sonderlich scharf hervortretenden Caspary'schen Punkten beobachtet. Die gleich ausserhalb derselben liegenden Zellen der Rinde sind deutlich radial angeordnet, weiter auswärts aber verschwindet diese Anordnung, indem ein bei den Wurzeln der Wasserpflanzen nicht ungewöhnlicher sehr lockerer Zusammenhang des Zellgewebes eintritt. In einem älteren Stadium (Fig. 7) zeigt nämlich der Querschnitt sehr grosse mit Luft gefüllte Interzellularräume (auf der Fig. schattirt), welche 6--12 Zellen in einem Kreise umgrenzen. Wie diese Interzellularräume entstanden sind, und wie eine so grosse Anzahl von Zellen um jeden Raum umher gebildet werden kann, geht aus der Fig. 6 hervor. Selbst die Rinden-Schichten, die an die Kernscheide grenzen, zeigen kleine viereckige Interzellularräume. Nach aussen zu werden die Räume grösser, zu gleicher Zeit aber fängt auch eine sehr eigenthümliche Zelltheilung an. Auf der Fig. 6 erscheinen in der dritten Zellreihe, von der Kernscheide gerechnet, Theilungswände. Diese sind weder radial, noch tangential, sondern schief gestellt, so dass eine solche Theilungswand zwei diagonal entgegengesetzte Interzellularräume berührt. In der eben genannten Zellreihe erscheinen drei solche schief gestellte neue Theilungswände. An mehreren Präparaten waren schon unmittelbar an der Kernscheide solche Wände vorhanden. Weiter nach aussen zu geschieht die Zelltheilung nach demselben Principe; es ist aber da schwerer, der Anordnung zu folgen. Durch jede neue Theilungswand wird natürlicherweise der von derselben berührte Interzellularraum von einer Zelle mehr als vorher umgeben. Hieraus wird man leicht einsehen, wie selbst 12 oder noch mehrere Zellen einen Interzellularraum schliesslich umgeben (Fig. 7). Das Periblem wie auch die daraus entstandenen sekundären Gewebe zeigen also bei dieser Pflanze einen merkwürdigen Bau.

Das dritte, hier vielleicht schärfer als bei irgend einer vorher erwähnten Pflanze hervortretende, Meristemgewebe ist das Dermokalyptrogen (Fig. 3, dkg.) Dessen Zellen sind 10 auf der Figur,

die einen Bogen bilden. Keine dieser Zellen wird als ausschliesslich der Epidermis oder der Haube angehörend bezeichnet werden können; sie sind die Initialen beider. Wie der Zuwuchs dieser Zellen vor sich gehen muss, geht aus einem Blicke auf die Figur leicht hervor. Nachdem sie einige Zeit meist in der Richtung der Axe gewachsen sind, treten tangentiale Theilungen in den mittelsten auf. Die zwei bis vier äussersten Zellen an jeder Seite theilen sich nicht, wenigstens nicht tangential; sie treten nun als eine differenzirte Epidermis auf. Die in diesen Zellen vorkommenden Wände sind nur radial, wie in den ausserhalb liegenden Theilen der Haube. Dass auch in diesen äusseren Theilen, wenigstens an den Seiten, eine solche radiale Theilung vor sich gehen muss, beruht auf dem von innen geschehenden Druck. Die radiale Anordnung, die im mittelsten Theile der Haube so deutlich ist, verschwindet, je weiter man von der Mitte geht. Diese ungleichartige Zelltheilung in den mittelsten und in den Seiten-Theilen der Haube bewirkt gewissermassen die s. g. Säule. Durch die nächst vorhergehende tangentiale Theilung ist aus dem damaligen Dermokalyptrogen eine gewisse Zahl Epidermiszellen, 4 auf der rechten Seite der Figur, 6 auf der linken, abgetrennt worden, bei der Theilung noch vorher 4 auf der rechten, 5 auf der linken Seite. Die weiter von der Wurzelspitze ab immer zahlreicheren radialen Theilungen machen es bald unmöglich, zu entscheiden, wie viele solche Epidermiszellen bei jeder neuen tangentialen Abschälung entstanden sind. Die nach jeder solchen tangentialen Theilung abgesonderten neuen Curven der Haube theilen sich nicht ferner tangential, sie gehen als einfache Reihen fort; in ihren Seiten-Theilen aber treten bald radiale Wände auf, so dass die Zahl der Zellen in jeder Reihe nach und nach vermehrt wird. Die jüngste der Zell-Curven der Haube besteht also auf der Figur aus 10, die vorige aus 19, die noch ältere aus 28 Zellen.

Unnatürlich müssen wir die Auffassung Hansteins u. a. finden, nach welcher die hier mit dkg. bezeichnete Zellreihe für ein Dermatogen gehalten wurde. Das Dermokalyptrogen ist ein Meristemgewebe sowohl für die Haube als für die Epidermis. Erst durch die nächst folgende tangentiale Theilung [1]) der mittelsten

[1]) Sehr lebhaft scheint jedoch hier diese Theilung nicht zu sein, da die Haube keine beträchtliche Grösse erreicht und keine Abschälung der äussersten Schichten stattfindet.

Zellen werden die in der Reihe äussersten, die an der tangentialen Theilung keinen Theil genommen haben, als ein Meristem der Oberhaut, der Epidermis, differenzirt; die Tochterzellen der mittelsten tangential getheilten liegen aber in zwei verschiedenen Reihen; die äussere Reihe macht die jüngste Zellcurve der Haube aus, die innere das neue Dermokalyptrogen.

Epilobium hirsutum. Die von den niederliegenden Stolonen ausgehenden zahlreichen dicken Beiwurzeln haben in der Spitze fast denselben Bau, wie bei der nächst vorigen Pflanze. Die Initialen des Periblems liegen in zwei Reihen, wovon die der äusseren die Initialen einer äusseren Zellreihe sind, die sich jedoch bald in zwei zu theilen scheint. Das übrige Periblem ist noch etwas deutlicher centripetal als bei *Menyanthes.* Die Zellen des Dermokalyptrogens sind in radialer Richtung etwas grösser als die nächst inner- und ausserhalb liegenden. Die Haube ist etwas stärker als bei der vorigen Pflanze, sonst auf fast dieselbe, wenn auch nicht eben so regelmässige, Weise gebaut.

Solandra grandiflora. Die wenigen Wurzeln, die wir zu untersuchen Gelegenheit gehabt haben, schienen eine grosse Uebereinstimmung mit *Menyanthes* zu zeigen. Die Initialen des Periblems liegen in zwei Reihen, wovon die äussere schon ganz nahe der Spitze zwei Zellreihen den Ursprung giebt. Die hier eintretenden tangentialen Theilungen in den Curven der Haube, nachdem dieselben sich vom Dermokalyptrogen abgesondert haben, sind bei den meisten Pflanzen weit häufiger, als der bei *Menyanthes* vorkommende Fall.

Solanum tuberosum. Unter den Beiwurzeln stimmen einige mit denen des *Linum*, andere mit denen des *Helianthus* überein. Diese Pflanze wird deshalb so aufgefasst werden können, dass sie zwischen dem eigentlichen Helianthus-Typus, wie dieser bei *Helianthus* selbst auftritt, und der Modifikation desselben, die wir die Linum-Modifikation genannt haben, einen Uebergang bildet.

Stephanotis floribunda (Taf. XX, Fig. 8). Die bei dieser Pflanze reichlich hervorsprossenden, rein weissen, festen Beiwurzeln [1])

[1]) Wir haben in diesem unsrem Aufsatze mit dem Ausdrucke Beiwurzel (Adventivwurzel) sowohl die Wurzeln, welche von den Stammtheilen entwickelt werden, als auch diejenigen, welche ohne Ordnung von älteren Wurzeln entspringen, bezeichnet.

zeigen in dem Meristem einen Bau, dem der vorigen Pflanzen-Arten ähnlich. Das Periblem (pb.) nimmt aus zwei Reihen Initialzellen seinen Ursprung. Die Zellen der äusseren Reihe sind, wie gewöhnlich, kleiner als die der inneren. Diese geben durch meist centripetale Theilung dem weit grössten Theile des Periblems den Ursprung. Die Haube hat grosse Stärke, aber die Zellen derselben liegen nicht regelmässig angeordnet, die des inneren Theiles ausgenommen; sie erinnern also unter den mit *Helianthus* am nächsten übereinstimmenden Fällen z. B. an *Plantago*. Weder die Epidermis (ep.) noch die Subepidermis (sep.) zeichnen sich nahe der Spitze durch irgend eine besondere Grösse in radialer Richtung so viel aus, wie dies bei *Hoja carnosa* (Siehe unten S. 410) der Fall ist. *Asclepias curassavica* stimmt im Bau des Meristems mit *Stephanotis* überein.

Allamanda neriifolia. Die feinen, doch nicht spröden, sondern festen Wurzeln stimmen im Bau der Spitze mit *Stephanotis* überein. Die Subepidermis tritt aber noch weniger scharf hervor. Die äusserste Initialreihe des Periblems scheint den zwei äussersten Periblemreihen den Ursprung zu geben. Unter den verhältnissmässig wenigen Präparaten sind jedoch auch solche, wo dies nicht der Fall ist.

Sium angustifolium. Die Beiwurzeln sind zahlreich, dick und glatt. Die Initialen des Periblems liegen in zwei Zellreihen. Fast die halbe Rinde entspringt aus der äusseren Initialreihe, in Folge der stark centrifugalen Entwickelung im äusseren Theile des Periblems.

Veronica Beccabunga. Die untersuchten Beiwurzeln zeigten denselben Bau, wie bei *Linum*, ein einzelnes Präparat ausgenommen, das mehr mit *Helianthus* übereinstimmte. Die von Reinke (Untersuch. üb. Wachsthumsgesch. etc., Tab. I, Fig. 3) gelieferte Abbildung dieser Pflanze kann deshalb nicht für erschöpfend gehalten werden. Ebenso wie *Solanum tuberosum* scheint sie uns auf dem Uebergange zwischen *Helianthus* und *Linum* zu stehen.

Mentha aquatica stimmt mit der vorigen überein. Auch *M. rotundifolia* soll hier aufgenommen werden, obgleich die Differenzirung nicht so scharf hervortritt, als bei der vorher genannten Art.

Auch sollen hierher *Salvia patens, Piper blandum, Duranta Plumieri, D. Elisia* und *Abutilon insigne* gerechnet werden. Hiermit sind auch die Fälle aufgenommen, die wir unter die s. g. Lirum-Modifikation mit Bestimmtheit einzuräumen wagen. Wir gehen nun zur Beschreibung einiger Fälle, die als eine andere Modifikation desselben Typus betrachtet werden können.

Hoja carnosa (Taf. XX, Fig. 9). Die Adventiv-Wurzeln haben etwa dasselbe Aussehen, wie bei *Stephanotis*, obgleich sie im Allgemeinen nicht so lang werden. Der Bau ist auch meist ähnlich. Das Plerom (pl.) ragt als ein scharf getrennter, an der Spitze abgerundeter, centraler Theil hervor, dessen äusserste Zellreihe als ein Perikambium (pk.) bis an die Spitze verfolgt werden kann. Die Entwickelung ist, wie gewöhnlich, weder scharf centripetal noch centrifugal. Das Periblem (pb.) zeigt aber einen etwas abweichenden Bau. Aeusserst besteht es aus einer durchaus selbständigen Zellreihe (sep.), deren Zellen an der Spitze in radialer Richtung sehr klein sind, aber nicht weit von derselben viel grösser als die übrigen Periblemzellen werden. Dies geht auch aus dem Querschnitte hervor. In dieser Zellschicht kommen im Allgemeinen nur radial gestellte Scheidewände vor. Ausnahmsweise allein sieht man eine oder die andere tangential. Das Meristem des übrigen Periblems besteht indessen nicht aus einer einfachen Zellreihe, wie bei den zuletzt beschriebenen Pflanzen. Alle untersuchten Schnitte haben mehrere solche Initialreihen gezeigt. Ein solcher mit zwei Initialreihen ist auf der Figur abgebildet. Die Zellen der äusseren Reihe sind kleiner, an Zahl 4—5, die der inneren etwas grösser, 3—4. Die äussere dieser beiden Zellreihen scheint indessen von einer einzelnen Zellreihe an den Seiten fortgesetzt zu werden, ist also in dieser Hinsicht der Subepidermis ähnlich; ihre Zellen nehmen aber in Grösse nicht zu, wenn man sich von der Spitze entfernt. Erst aus der inneren Initialreihe entsteht durch wiederholte Verdoppelung das übrige Periblem. Die Entwickelungs-Ordnung ist meist centripetal. Obgleich also das Periblem an der Spitze mit drei getrennten Zellreihen auftritt, so scheinen doch diese nicht alle dieselbe Selbständigkeit zu haben. Die äusserste ist ohne Zweifel die meist selbständige. Aus dem Dermokalyptrogen (dkg.) werden einerseits die Zellreihen der Haube (m.) entwickelt, die hier wenige,

5—8, nicht ganz regelmässige Curven bilden, andererseits die Epidermis (ep.), die sich schon sehr nahe der Spitze durch ihre in radialer Richtung sehr lange Zellen auszeichnet. Die radialen Scheidewände sind sehr zahlreich, dicht gestellt. So weit als die Epidermis auf der Fig. verfolgt worden ist, übertreffen ihre Zellen in radialer Richtung beträchtlich alle übrigen Zellen; aber noch ferner von der Spitze ab beginnt bald die innerhalb liegende Zellschicht, die Subepidermis (sep.), der Epidermis rücksichtlich der radialen Ausdehnung der Zellen nachzustreben, ja schliesslich dieselbe zu übertreffen. Dies geht auch aus den Querschnitten in verschiedener Entfernung von der Spitze deutlich hervor.

Abutilon molle, Pavonia Weldeni und *P. Spinifex* scheinen in Bezug auf die Initialgruppe des Periblems der *Hoja* am meisten zu gleichen. Die Regelmässigkeit ist aber nicht so gross als bei dieser, woher sie sich zum Theile dem folgenden Typus nähern.

Villarsia nymphaeoides (Taf. XXI, Fig. 10, 11, 12, 13). Anfang Mai beginnen die neuen Beiwurzeln von dem in Wasser untergetauchten Stamme zu entspringen. Nebst diesen neuen kommen auch lange noch lebende Wurzeln vom vorigen Jahre vor, die bald zahlreiche zarte Seitenwurzeln aussenden. Die älteren Wurzeln haben eine röthliche Farbe, die von einem rothen Zellinhalte (klarer Zellsaft) der Subepidermis, bisweilen auch einer oder der anderen nächst darunter liegenden Zellreihe, nicht aber der Epidermis selbst herrührt. Die kurzen neu ausgesprossenen Beiwurzeln dagegen haben eine schwach grünliche Farbe. Sie zeigen in der Spitze einen Bau, der aus Fig. 10 hervorgeht. Das Plerom (pl.) ist von gewöhnlichem Aussehen. Das Periblem (pb.) besteht in der Spitze aus etwa drei (Fig. 10) oder vier Zellreihen, unter denen die äusseren ringsum einfach fortgesetzt werden, die innerste aber durch centripetale Theilungen dem übrigen Theile des Periblems Ursprung geben. Diese Zelltheilung ist hier von besonderem Interesse. Unterhalb jeder, wenigstens jeder zweiten Zelle der innersten Reihe des Periblems sind zwei Zellen vorhanden, wovon die äussere von einer nach aussen gebogenen Zellreihe niederwärts fortgesetzt wird, die innere aber in ihrer Ordnung die Initialzelle zweier neuen Zellreihen ausmacht. Diese innersten Zellen des Periblems erhalten dadurch eine ungewöhnliche Form nebst ihrer ungewöhnlichen Grösse. Sie sind grösser als

die innerhalb liegenden Zellen des Perikambiums. Durch diese Zelltheilung im Periblem erhält dieses eine beträchtliche Dicke, und die Zellreihen werden stark nach aussen gebogen. Die Haube hat ziemliche Stärke und wird auf gewöhnliche Weise entwickelt. Die älteren Wurzeln, die des vorigen Jahres, zeigen aber einen etwas abweichenden Bau im Meristem (Fig. 11). Das Plerom (pl.) ist freilich wie in den neuen Wurzeln, aber das Periblem (pb.) besteht an der Spitze aus zahlreichen, auf der Fig. bis zu 12, übereinander in Colonnen gestellten Initialzellen. Die meisten Periblemreihen werden hiedurch als rings um die Plerommasse geschlossene fortgesetzt, wodurch eine, wenn auch geringe Annäherung an die Gymnospermen stattzufinden scheint. Die Zellreihen der Haube (m.) sind weit weniger und das Dermokalyptrogen nicht sehr thätig. Indem also die Wirksamkeit des letzteren vermindert wird, wird die der Periblеminitialen vergrössert, woher das Periblem nebst seiner Initialgruppe die Haube gewissermassen ersetzt, nachdem deren Meristem wirksam zu sein aufgehört hat. Unter den über einander in Colonnen angeordneten Initialen sind wohl die innersten die jüngsten, die Entwickelungsordnung also auch in diesen centripetal. In einem jüngeren und einem älteren Stadium scheint also der Bau des Meristems verschieden zu sein; doch wird wohl mit Recht der bei den neuen Wurzeln vorhandene als der für die Villarsia-Wurzel typische betrachtet werden, da die erwähnte Veränderung erst im folgenden Jahre eintritt, wo der Zuwachs der Wurzel in die Länge sehr unbedeutend ist. Für ganz ausgestorben in der Spitze dürfen wir indessen die alten Wurzeln nicht halten. Erst wenn man keine eigentliche Schichten-Folge mehr beobachten kann, scheint der Zuwachs in die Länge ganz und gar aufgehört zu haben. Die angedeutete Verschiedenheit einer jüngeren (Fig. 12) und einer älteren (Fig. 13) tritt schon bei schwacher Vergrösserung hervor.

Convolvulus Cneorum (Taf. XXII, Fig. 14). In den neu ausgewachsenen, ziemlich dicken, zahlreichen, noch in starkem Längenzuwachs begriffenen Beiwurzeln sind die drei Meristem-Gewebe wohl getrennt. Das Periblem (pb.) nimmt seinen Ursprung aus mehreren, auf der Fig. ungefähr 5 Initialen, unter denen die äussersten von fast je ihrer einfachen Zellreihe auf beiden Seiten fortgesetzt werden, während die inneren centripetale Theilungen zeigen. Das ganze erhält

dadurch ein Aussehen, das an die Villarsia-Wurzeln des vorigen Jahres erinnert. Der Unterschied ist jedoch, dass es hier die jungen in starkem Zuwachs begriffenen Wurzeln sind, die das genannte Aussehen zeigen, welches deshalb als das für diese Pflanze typische gehalten werden muss, während es bei *Villarsia* eher für eine Degeneration gehalten werden musste. Bei *Convolvulus* ist auch eine stark entwickelte Haube (Taf. XXIII, Fig. 15) mit einem in lebhafter Wirksamkeit begriffenen Dermokalyptrogen (Fig. 14, dkg.).

Begonia nelumbifolia. Die Wurzeln der Arten dieser Gattung, obgleich klar weissroth, glasartig durchsichtig, bieten doch grosse Schwierigkeiten für die Präparation dar. Weder die Behandlung nach Treubs noch nach Hansteins Methode liefert befriedigende Präparate. Nach den besten, die uns zuwege zu bringen geglückt ist, zu urtheilen, ist der Bau des Meristems etwa derselbe wie bei *Convolvulus.* Das Plerom mit seinen kleinen, schmalen Zellen von gelblicher Farbe wird in der Spitze deutlich abgerundet. Das Periblem entspringt aus 4, 5 oder mehreren Zellreihen. Die Anordnung der Zellen in Reihen, sowohl in der Spitze als auch weiter von derselben ab, ist aber nicht so deutlich wie bei den vorher beschriebenen Pflanzen. Auch ist die Grenze an das Dermokalyptrogen nicht besonders scharf. Die Zellschichten der Haube sind sehr wenige und hören nahe der Spitze auf. Eine sehr grosse Zahl von Wurzeln sowohl dieser Art als der mit derselben übereinstimmenden *B. ricinifolia* und *B. glacialis* ist untersucht worden.

Ebenso wie wir in dem Vorhergehenden *Linum* und die mit demselben übereinstimmenden als eine verschiedene Modifikation des Helianthus-Typus aufgestellt haben, so können wir auch die nun zuletzt beschriebenen Pflanzen als eine andere Modifikation desselben Typus, die *Convolvulus*-Modifikation, zusammenfassen, die dadurch ausgezeichnet ist, dass die Initialen des Periblems in drei bis mehreren Reihen angeordnet sind. Schliesslich nehmen wir hier folgende auf.

Banksia integrifolia (Taf. XXII, Fig. 16). Die an alten Exemplaren in Menge entspringenden diesjährigen Beiwurzeln zeigen den auf der Fig. abgebildeten Bau. Das Plerom, wohl differenzirt, ist von gewöhnlichem Aussehen. Zwischen dem Periblem und der Haube sind aber die Grenzen nicht so scharf wie bei den vorher beschriebenen.

Die äussere Periblem-Initial-Reihe scheint nicht dieselbe Selbständigkeit wie bei diesen zu haben. Von Interesse ist indessen das hier stattfindende Verhältniss, da dasselbe bei mehreren anderen Pflanzen, wie *Morina elegans, Hibiscus liliiflorus, Opuntia stricta, Phytolacca dioica* vorzukommen scheint. Diese sämmtlichen bilden einen Uebergang zwischen den vorher und den unter folgendem Typus beschriebenen Pflanzen.

Zweiter Typus.

Lavatera pallescens (Taf. XXIII, Fig. 17). Die Wurzeln dieser Pflanze sind sehr gut entwickelt und dick. Nur zwei getrennte Meristemgewebe kommen in der Wurzelspitze vor. Das Plerom (pl.) ragt, wie beim vorigen Typus, mit einer bis nach der Spitze fortlaufenden Perikambium-Reihe (pk.) hervor. Für die übrigen Gewebe der Wurzel, d. h. Periblem, Epidermis und Haube, ist ein einzelnes gemeinsames Meristem vorhanden. Die Zellen liegen hier in Seite bei Seite geordneten Colonnen. Irgend eine Grenze zwischen den Initialen des Periblems einerseits und denen der Haube und Epidermis andererseits hier zu bemerken, ist mir nicht gelungen und wird auch ein vergeblicher Versuch sein. Ein solches Unterscheiden würde ganz willkürlich werden. Erst eine Strecke vom Vegetationspunkte ab beobachtet man die gewöhnliche Grenze des Periblems und der Haube oder richtiger die des Periblems und der Epidermis, denn wo eine Grenze sich zuerst zeigt, da sind auch die ausserhalb der Grenzlinien selbst liegenden Zellen als Epidermis-Zellen differenzirt.

Aralia Sieboldii (Taf. XXIII, Fig. 18) stimmt mit der vorigen nahe überein. Das Plerom (pl.) ist wohl begrenzt, deutlich hervortretend, während das Periblem (pb.), die Haube (m.) und die Epidermis (ep.) ein gemeinsames Meristem haben. Die Form der Zellen in diesem Meristeme unterscheidet sich etwas von der bei *Lavatera*; sie sind nicht so platt tafelförmig, sondern klein, rund bis vieleckig.

Denselben Bau zeigt die Wurzelspitze bei *Dombeja Mastersii, Sida rhombifolia, Hibiscus pedunculatus, H. Rosa sinensis, Sterculia trichosiphon, Grevillea robusta, Hakea oleifera, Photinia serrulata, Myoporum eugenioides, Eucalyptus globulus, Escallonia macrantha, Goldfussia isophylla, Coffea arabica, Selinum decipiens, Levisticum*

officinale, Pittosporum eugenioides. Unter diesen nähern sich jedoch einige z. B. *Escallonia, Goldfussia* der *Banksia* (1. Typus), andere z. B. *Coffea, Levisticum, Pittosporum* dem folgenden Typus.

Dritter Typus.

Vicia sativa (Taf. XXIV, Fig. 19, 20). Diese Pflanze ist schon von Janczewski beschrieben worden, als mit einigen anderen einen besonderen Typus unter den Dikotylen bildend. Das Meristem ist nicht bis zur Spitze in drei getrennte Gewebe differenzirt, sondern Plerom (pl.), Periblem (pb.), Epidermis (ep.) und Haube (m.) nehmen aus einem für alle gemeinsamen Meristem ihren Ursprung. Weil in diesem Meristem die Zelltheilungen in einer gegen die Axe der Wurzel winkelrechten Richtung (Fig. 20) vor sich gehen, so ist dasselbe von Janczewski transversal (assise génératrice transverse) genannt worden. „Aus diesem transversalen Meristeme", sagt dieser Verf. von *Pisum* (Recherches sur l'accroissement terminal etc., S. 186), „werden in acrofugaler Richtung der Central-Theil der Haube, in acropetaler aber der Central-Cylinder und die Rinde entwickelt." Seine Wirksamkeit erinnert also, wie man bemerkt hat, gewissermassen an die des Cambiums, welches Verhalten schon Prantl in seinem oben genannten Aufsatze beachtet hat. An den Seiten dieses transversalen Meristems werden indessen die gewöhnlichen stufenartigen Absätze erkannt, die die Grenze des Periblems und der Epidermis andeuten. Janczewski beschreibt dies bei *Pisum* (S. 186) so: „Die lateralen Theile der Haube entstehen aus einem lateralen Kalyptrogen (couche calyptrogène latérale), der Rinde und den Rändern des transversalen Meristems angrenzend; aus demselben (lateralen) wird auch auf gewöhnliche Weise die Epidermis entwickelt." Auch eine andere Eigenthümlichkeit ist schon von demselben Verf. (S. 187) bemerkt worden, dass, während der Central-Cylinder und die Haube nicht Luft enthalten, die Rinde ebenso wie der damit korrespondirende Theil des transversalen Meristems von Luftgängen durchdrungen sind. Hieraus kann die bei schwacher Vergrösserung, ja schon bei nacktem Auge, sichtbare scharfe Differenzirung erklärt werden, welche bei stärkerer Vergrösserung ebenso wie nach Behandlung mit Reagenzen verschwindet. Ebenso ist auch das Verhalten bei vielen im Folgenden erwähnten, zu diesem Typus gerechneten Pflanzen.

Die beigegebene Figur 20 über *Vicia sativa* stimmt mit der Janczewskis über *Pisum sativum* vollständig überein. Ueberflüssig wird sie doch wohl nicht sein. Wir haben schon in der Einleitung dieses unseres Aufsatzes die kürzlich ausgesprochene Auffassung Holles erwähnt, die mehrere der Resultate Janczewskis zu stürzen sucht. Auch der von dem letztern aufgestellte Leguminosen-Typus ist dabei zum Gegenstande einer durchgehenden Kritik gemacht worden, die mit der Verwerfung desselben als eines besonderen Typus schliesst. Gründe, die sehr beweisend scheinen, führt Holle an, um den Bau bei *Pisum, Vicia* u. a. als ein bei diesen Pflanzen eintretendes sekundäres Stadium zu erklären. Eiu Stadium, das mit dem des *Helianthus* ganz übereinstimmte, wäre in einer früheren Lebens-Periode der Wurzel vorhanden. Bei *Vicia sativa, V. narbonensis, Robinia Pseudacacia, Cassia Sophora* nnd *Tilia* wäre ein solches primäres Stadium in der fertig gebildeten Wurzelanlage des reifen Samens zu finden. Was die übrigen hierher gehörenden Pflanzen betrifft, so würde ein solches primäres Stadium noch früher im Leben der Wurzel vorkommen. Hierdurch wäre also der Leguminosen-Typus, der auch bei einigen Cucurbitaceen repräsentirt war, zu einem sekundären Degenerations-Stadium des Helianthus-Typus reducirt. Das von Reinke für alle Dikotylen aufgestellte Gesetz würde also schliesslich siegreich aus dem Streite hervorgegangen sein.

Natürlich war es, dass ein Aussprechen von so grossem Interesse uns in das bezeichnete Gebiet locken musste, um die Behauptungen noch weiter bestätigt zu sehen. Was nun zuerst *Vicia sativa* angeht, ist es uns indessen unmöglich gewesen, mancher wiederholter Versuche ungeachtet, in der Wurzel-Anlage des ruhenden Keimes die deutliche und merkwürdig regelmässige Anordnung der Zellen zu finden, die *Helianthus* so auszeichnet. Fig. 19 zeigt eine Abbildung der Wurzel-Anlage des reifen Samens. Das Meristem ist auch hier ein gemeinsames, aber das transversale Aussehen, das die entwickelte Pfahlwurzel zeigt, begegnet uns hier nicht. Die Zellreihen des Periblems (pb.) biegen sich weiter oben an der Spitze bogenförmig gegen einander. In diesem Meristem besonders angeben wollen, welche Zelle oder Zellen dem einen oder anderen Gewebe als Initialen zugehören, scheint uns eben so willkürlich wie ein ähnlicher Versuch im Vegetationspunkte der ausgewachsenen Wurzel. Die Ungleichheit

zwischen den beiden Stadien (Fig. 19 und Fig. 20) beruht ganz einfach auf der mit transversalen Wänden stattfindenden sehr lebhaften Zelltheilung im Meristem selbst. Weit verschieden ist gewiss der Bau der Wurzelanlage von dem des *Helianthus*. Sehen wir aber von der Wurzelanlage und der daraus entwickelten Pfahlwurzel weg und richten wir auf diejenigen Wurzeln, die bei *Vicia* den weit ansehnlichsten Theil des Wurzel-Systems bilden, auf die Seitenwurzeln die Aufmerksamkeit, so spricht nach allen Autoren gegen das Annehmen eines vorhergehenden primären Helianthus-Stadiums mit Bestimmtheit die Entwickelungs-Geschichte. Gerade von der ersten Anlegung einer Seitenwurzel ab macht das Meristem eine unregelmässig zusammenfliessende Zellmasse aus.

Eben so wenig haben wir den angegebenen Bau in der Wurzel-Anlage bei *Vicia narbonensis* (Taf. XXV, Fig. 21), noch bei der von Holle abgebildeten *Robinia Pseudacacia* gefunden, obgleich eine sehr grosse Zahl Samen dieser von mehreren verschiedenen Orten untersucht worden sind. Freilich ist hier eine schärfere Differenzirung in der Art vorhanden, dass das Plerom sich in der Spitze getrennt zeigt; weiter geht jedoch die Differenzirung nicht. Mit der Wurzel-Anlage der *Robinia* meist übereinstimmend haben wir die des *Cicer Arietinum* gefunden. Fälle, dem Lavatera-Typus ähnlich, sind also hier vorhanden. Im entwickelten Zustande der Wurzel (Wurzeln höherer Ordnung) ist der Bau derselbe, nur mit dem Unterschiede, dass die transversale Meristembildung mehr um sich gegriffen hat, wodurch das in der Spitze vorher getrennte Plerom mit den ausserhalb liegenden Meristem-Geweben mehr zusammenfliesst. Noch grösser als bei Vicia ist bei *Pisum sativum, Lathyrus latifolius, L. odoratus, Cassia glauca* und *Phaseolus multiflorus,* so zu sagen, die Unordnung zwischen den Zellen im Vegetationspunkte der Wurzel-Anlage.

Um in dieser wichtigen Frage zu grösserer Gewissheit zu kommen, haben wir auch Pflanzen ausserhalb der Leguminosen-Gruppe untersucht. Wo wir in der entwickelten Wurzel einen dem der jetzt genannten Leguminosen ähnlichen Bau beobachtet, haben wir, sofern es möglich gewesen ist, das dazu nöthige Material anzuschaffen, auch die Wurzelanlage des reifen Samens untersucht. Wir theilen hier einige solche Fälle mit.

Acer Pseudoplatanus (Taf. XXV, Fig. 22). Holle sagt, dass bei *Acer* — die Species wird hier, wie sonst im Allgemeinen, nicht genannt — das sekundäre Stadium erst nach dem Auskeimen der Pfahlwurzel eintritt. Uns scheint indessen die vorliegende Art fast gar nicht von der soeben beschriebenen *Vicia sativa* abzuweichen. In der Wurzelanlage (Fig. 22) kommt ein von bogenförmig zusammentreffenden Zellreihen bestehendes gemeinsames Meristem vor, worin man die angegebene Differenzirung zu entscheiden vergebens suchen würde. Auch ist die Wurzelanlage der *var. subtomentosum* untersucht worden, und sind wir dabei zu einem ganz gleichen Resultate gekommen. Zahlreiche Keimpflanzen der Hauptform, die wir untersucht haben, zeigen auch denselben Bau wie die Wurzelanlage. Werden Präparate von den beiden verschiedenen Stadien nach einander unter das Mikroskop gelegt, so ist die Verschiedenheit fast keine. Die grösste Abweichung liegt vielleicht in der Stärke der Wurzel und der Breite des Pleroms. Dieses hat besonders in der Wurzelanlage bei der var. eine grosse Breite, indem es aus einem centralen grosszelligen Mark und einer äusseren Schicht (Prokambium) mit langen schmalen Zellen besteht. Nur diese tritt in der ausgewachsenen Wurzel hervor. Die Verschiedenheit der Wurzelanlage und der ausgewachsenen, mehrere Zoll langen, Pfahlwurzel ist also hier nicht einmal so gross wie bei *Vicia*; das embryonale Stadium wird hier beibehalten.

Ricinus communis. Sowohl Samen wie entwickelte Wurzeln von dieser Pflanze sind untersucht worden, die sämmtlich mit denen des *Acer* übereinstimmen.

Dasselbe gilt auch von *Fagus sylvatica.* Einige zu diesem Typus gehörende Pflanzen wollen wir noch besonders beachten.

Ficus racemosa. Die unter der Erde liegenden Wurzeln dieser Art zeigen fast denselben Bau wie die von *Ricinus.* Das Meristem ist, was oft eintrifft, wenn die Wurzel sehr dick ist, recht ausgebreitet und zeigt keine Differenzirung in den drei bei *Helianthus* erwähnten Meristemgeweben. Zwar scheint auf dem einen oder anderen Präparate eine schwache Andeutung zu getrenntem Plerom, aber diese Andeutung ist zu gering, als dass diese Pflanze zum zweiten der beiden vorhergehenden Typen gerechnet werden könnte. Freilich laufen mehrere Periblemreihen rings um die Spitze als ge-

schlossene Curven zusammen, doch scheint es uns unmöglich zu entscheiden, wo die Grenze der dabei liegenden Gewebe geht. Ausser Zweifel wird man wohl der Wahrheit am nächsten kommen, wenn man sagt, dass die sämmtlichen primären Gewebe auch bei dieser Pflanze aus einem gemeinsamen, in der Spitze nicht differenzirten Meristem entstehen. Wenigstens irremachend scheint uns die Angabe Holles von *Ficus*, als Repräsentant des Helianthus-Typus. Nicht einmal eine s. g. Degeneration wird bei dieser Gattung erwähnt. Welche Art von Wurzeln und welche Species der genannte Verf. untersucht hat, wird nicht angeführt. Aehnlich haben wir bei mehreren anderen Arten, *F. elastica, F. macrophylla* und *F. pedunculata*, den Bau gefunden, von allen denen viele Wurzeln untersucht worden sind. Die meisten dieser sind in der Luft oder auf der Erdoberfläche gewachsen, also unter anderen, für die Differenzirung vielleicht günstigeren Verhältnissen, wo wenigstens keine äusseren störenden Einflüsse z. B. harte Erdpartikeln einen mehr regelmässigen Zusammenhang der Zellen verrücken können. Wenn die Wurzeln in der Luft wachsen, haben sie gewöhnlich an der Spitze eine kleine lose sitzende braune Kappe, die sich leicht ablöst und abfällt, wonach die Wurzel auch an der Spitze eine klare, schwach gelbliche Farbe hat. Die ursprünglich auf der Spitze sitzenden braunen Schalen sind wahrscheinlich Rester von der Rinde des Stammes, welche beim Hervorbrechen der Beiwurzel aus dem Stamme mitkamen. Diese Kappe macht jedoch nicht die eigentliche Wurzelhaube aus, sondern es findet sich innerhalb derselben eine solche von gewöhnlichem Aussehen, die aus zahlreichen Zellschichten besteht.

Fast denselben Bau der Wurzelspitze, wie bei den so eben beschriebenen Pflanzen, haben wir bei *Daphne Laureola, Cucumis sativus, Bryonia cretica, Mercurialis perennis, Enkea glauca, Ottonia plantaginea, Lamium album, Ballota ruderalis, Citrus Aurantium* gefunden.

Gunnera chilensis und *G. Perpensum.* Da auch diese Gattung gewöhnlich als Repräsentant des Helianthus-Typus aufgenommen wird, so wollen wir bei den beiden Arten, die wir zu untersuchen Gelegenheit hatten, etwas verweilen. Die Wurzeln der mehrere Jahre alten Exemplare sind sehr gross und dick, an Farbe, wenigstens an den Spitzen, stark gelb. Diese gelbe Farbe rührt von einem Farb-

stoffe her, der die Untersuchung in hohem Grade erschwert.[1]) Bei Behandlung nach der Methode Treubs, wenn auch nur im gelindesten Grade angewandt, nimmt das Präparat ein rothbraunes trübes Aussehen an, das alle Beobachtung unmöglich macht. Mehrere Versuche, den Farbstoff z. B. mit Aether auszuziehen, sind vergeblich gewesen. Keine andere Methode blieb also übrig, als die Hansteins, welche, wie gewöhnlich, die Präparate all zu durchsichtig macht. Bei Zusatz von Kalihydrat nimmt das Präparat eine stark rothe Farbe an, welche jedoch fast gänzlich von destillirtem Wasser ausgewaschen wird. Von den auf diese Weise behandelten Präparaten zu urtheilen, ist in der Gunnera-Wurzel keine schärfere Differenzirung zwischen den verschiedenen Meristem-Geweben vorhanden, als bei den soeben beschriebenen Pflanzen. Zur Vergleichung wollen wir zusehen, was Reinke von diesen Pflanzen anführt. In seiner hier oben (S. 386) genannten Arbeit von *Gunnera* widmet der Verf. der Beschreibung der Wurzel mehrere Seiten. Die Darstellung Reinkes ist von ungefähr folgendem Inhalte. In der Pfahlwurzel (a. a. O., S. 56) der *G. chilensis* zeigt der Vegetationspunkt den normalen Bau. Es ist ein Dermatogen, dessen Zellen nach rückwärts die Epidermis bilden, nach vorwärts dagegen durch gleichsinnige, tangentiale Wände die Kappen der Haube abscheiden. Die Haube erreicht eine mittlere Entwickelungsstärke. Die tangentialen Scheidewände scheinen in den Dermatogenzellen, welche sich an der Haubenbildung betheiligen, ziemlich gleichzeitig aufzutreten. Die einzelnen Kappen spalten sich wieder in tangentialer Richtung, am meisten in der Gegend der Wachsthumsaxe. So wird ein axiler Strang, eine Säule, gebildet. Es ist jene Erscheinung, die bei fast allen Phanerogamen-Wurzeln sich wieder findet und die physiologische Bedeutung hat, dass in der Richtung des stärksten Druckes der Vegetationspunkt durch die grösste Zahl von Zellschichten geschützt werde. Sieht man von der Haubenbildung an, so differenzirt sich der Vegetationspunkt in die drei Histogene: das Dermatogen, das Periblem und das Plerom. Das Plerom bildet einen axilen cylindrischen Körper mit paraboloidischer Endigung, welchen das Peri-

---

[1]) Farbstoffe, die auf gleiche Weise die Untersuchung erschweren, haben wir bei verschiedenen anderen Pflanzen, wie Piperaceen, Proteaceen, Escallonieen, gefunden.

blem als ein mehrschichtiger Mantel umwölbt. Auf einer dünnen Beiwurzel (S. 57) verringern sich die 15 Schichten eines Periblemkörpers auf 3 in der Spitze. Uebrigens ist kaum von einer streng inne gehaltenen schichtenförmigen Absonderung der Periblemzellen die Rede. Für die entwickelte Pflanze ist indessen die Pfahlwurzel mit ihren Seitenwurzeln von untergeordneter Bedeutung; die fernere Aufnahme der Bodenflüssigkeit wird durch Beiwurzeln vermittelt, welche dem Stamme entspringen (S. 59). Die ersten Beiwurzeln, die an dem hypokotylen Stammtheile entstehen, entsprechen in der Einfachheit des Baues den ersten Seitenwurzeln vollständig (S. 60). Die seitdem entwickelten Beiwurzeln sind dick, bei älteren Pflanzen von mehreren Millimetern. Die Formelemente der Pfahlwurzel und ihrer Seitenwurzeln zeigen in den histologischen Verhältnissen eine wesentliche Uebereinstimmung mit denen der Beiwurzeln (S. 63). Weiter hin (S. 100) sagt der Verf. bei der Beschreibung von *G. Perpensum* als dem Repräsentanten des zweiten der vier Typen in der Gattung, dass bei der Entstehung der Beiwurzeln die etwas abweichende Bildung der Wurzelhaube beachtenswerth ist. Dieselbe entsteht auch hier aus der äusseren Zellplatte[1]), theilt sich aber gleich von Anfang an in so viele Schichten, dass es mitunter den Anschein hat, als entsprängen die innersten derselben dem Periblem. Dies ist bezüglich der Wurzelspitze alles von Interesse, was in der Arbeit des Verfassers vorkommt. Keine Abbildungen sind vorhanden. Das dunkle und widersprechende dieser Darstellung kann so erklärt werden, dass der Verfasser, obgleich er ohne Zweifel dasselbe Bild als wir gesehen hat, seine Beobachtungen in das vorher von ihm aufgestellte Schema einzupassen gesucht hat.

Ranunculus repens (Taf. XXVI, Fig. 23). Unter den Pflanzen, die wir im Laufe unserer Untersuchungen angetroffen haben und über deren Deutung wir lange in Verlegenheit gewesen sind, sind noch einige übrig. Bei der schliesslichen Vergleichung der eingelegten Präparate ist es uns am zweckmässigsten geschienen, sie als eine besondere Modifikation zuletzt innerhalb unseres dritten Typus zu-

---

[1]) Reinke meint damit die äussere der beiden Zellreihen, die durch tangentiale Theilung einiger Perikambium-Zellen entstehen und die erste Anlage einer Seitenwurzel andeuten. Vgl. die oft erwähnte Arbeit Reinkes, Wachsthumsgeschichte und Morphologie der Phanerogamen-Wurzel.

sammenzustellen. Mehrere dieser Pflanzen, wie *Ficaria, Caltha*, ertragen die gewöhnliche Behandlung mit Klorkalcium nicht. Was nun besonders die oben genannte Ranunculus-Art angeht, so haben die untersuchten Beiwurzeln keine scharfe Differenzirung in der Spitze gezeigt. Zwar sind die Zellen in Curven geordnet, aber die Grenzen sind zwischen den verschiedenen Meristemgeweben nicht deutlich. Dass keine scharfe Grenze zwischen Periblem (pb.) und Plerom (pl.) vorhanden sein kann, beruht auf einer überwiegend, fast ausschliesslich centrifugalen Entwickelungsordnung im Periblem. Der Anhaltspunkt, wenn wir so sagen dürfen, zwischen diesen Zellgeweben verschwindet hiedurch, während aus derselben Ursache die Epidermis (ep.) weiter nach der Spitze als das Plerom verfolgt werden kann. Im Vegetationspunkte haben auch die Zellen eine andere Gestalt als gewöhnlich, indem sie mehr gerundet sind. Ausserdem sind die Zellen sehr gross, was aus einer Vergleichung dieser Fig. 23 und z. B. der Fig. 22, Taf. XXV *(Acer)* hervorgeht, welche beide Figuren in demselben Maasse gezeichnet worden sind. Meist bemerkenswerth ist indessen die centrifugale Entwickelungsordnung im Periblem. Ein ähnlicher Bau kommt bei *Caltha palustris, Ficaria ranunculoides* (die knollenförmigen Wurzeln) und *Drimys Winteri* vor. Auch hat es uns geschienen, als müssten in die Nähe dieser *Nuphar luteum, Primula veris*[1]) und *Hottonia palustris* gestellt werden.

In Folge desjenigen, das nun von den unter diesem dritten Typus aufgenommenen Pflanzen angeführt worden ist, können wir denselben nicht wie Holle für ein sekundäres Degenerations-Stadium halten. Die von diesem Verfasser vorgetragenen Beweise einer solchen Auffassung haben wir nicht in der Natur bestätigt gefunden. Würde in der That ein primäres Stadium irgendwo sein, so muss dieses in einer noch jüngeren Periode des Lebens des Keimes gesucht werden. Dass aber ein solches Stadium da vorhanden wäre, für diese Vermuthung giebt es keine Stütze innerhalb der schon vorhandenen Literatur. Und nähmen wir sogar an, dass ein solches

[1]) Nach L. Just, Botanischer Jahresbericht, dritter Jahrgang, 1875, erster Halbband, Berlin 1876, S. 407 giebt F. v. Kamienski (Zur vergleichenden Anatomie der Primeln. Strassburg 1875) an, dass der Bau der Wurzelspitze bei *Primula sinensis* derselbe als bei *Helianthus* sei.

primäres Stadium einmal entdeckt würde, so scheint es uns dessen ungeachtet unnatürlich und unberechtigt, insofern vom Zuwachse der Wurzel, und nicht von der Wurzel-Anlage, die Rede ist, anzugeben, dass die hier fraglichen Pflanzen als Repräsentanten des Helianthus-Typus aufzunehmen seien. Im Gegentheile stimmen wir mit Janczewski überein und können nur dermassen von der von ihm schon gelieferten Beschreibung über hieher gehörende Pflanzen abweichen, dass wir aus der Benennung des gemeinsamen Meristems das Wort „transverse“ weglassen. Wenn auch bisweilen, wenn z. B. von der entwickelten Wurzel bei *Pisum, Vicia, Cucumis* die Rede ist, dieser Zusatz berechtigt sein kann, so ist es bei der Mehrzahl der Fälle nicht so. Wir brauchen nur an die Wurzel-Anlagen bei den soeben genannten Leguminosen zu erinnern, wo die Zellen bis an der Spitze bogenförmig gegen einander gekrümmt liegen.

Vierter Typus.

Lupinus nanus (Taf. XXVI, Fig. 24; Taf. XXVII, Fig. 26). Unter den Samen, die wir auswählten, um die Lösung der Behauptung Holles von einem secundären Degenerations-Stadium zu suchen, waren auch diejenigen einiger Lupinus-Arten. Sofort wurden wir bei der Untersuchung von dem merkwürdigen Bau der Wurzelanlage überrascht, da wir denselben dem aller vorher von uns untersuchten Dikotylen sehr ungleich fanden. Es hat uns nöthig geschienen, aus jenen Pflanzen einen besonderen Typus zu bilden. Unsere Untersuchung hat *L. nanus, L. mutabilis, L. hybridus, L. albus, L. grandiflorus* und *L. Dunetti* (Taf. XXVII, Fig. 27) umfasst. Fig. 26 ist eine Abbildung der Wurzelanlage bei *L. nanus.* Das Plerom (pl.) ragt als ein scharf begrenzter centraler Theil hervor. Das Periblem (pb.) dagegen hat einen sehr abweichenden Bau. Während die dasselbe bildenden Zellreihen bei den vorher erwähnten Pflanzen stets gegen die Spitze an Zahl abnehmen, indem sie bisweilen in eine einzelne Zellreihe (z. B. *Helianthus*) zusammenlaufen, so ist das Verhältniss hier gänzlich entgegengesetzt. Die Zahl der Zellreihen wird vermehrt, wenn man gegen die Spitze der Wurzel fortschreitet. Durch tangentiale Wände theilen sich zuerst die äussersten, näher der Spitze die innerhalb liegenden, zuletzt die innersten Zellreihen in zwei, drei oder noch mehrere schmalere Zellreihen, welche alle

zusammen die hier allein vorkommende Haube (m.) ausmachen. Diese Auflösung jeder einfachen Zellreihe in mehrere geschieht, wie gesagt, nicht in derselben Höhe, sondern mit stufenartigen Absätzen, was auf beiden Figuren (Fig. 24, 26) deutlich hervortritt. Von einem Dermokalyptrogen kann also hier keine Rede sein, sondern die Haube ist ausschliesslich ein Ergebniss des Periblems selbst. Die äusserste Zellreihe ist als eine Epidermis (ep.) zu betrachten. Sie entspricht der auf oberirdischen Pflanzentheilen vorkommenden Epidermis und ist durch eine ausschliesslich radiale Zelltheilung ausgezeichnet. Auch ein anderer Umstand im Bau der Haube ist zu beachten. Durch die auf die oben angedeutete Weise gebildete Mitte der Wurzelhaube, vom Vegetationspunkte des Pleroms ab bis nach der äussersten Spitze der Haube, läuft eine aus etwa 5 Zellreihen bestehende Säule (k, Fig. 24). Die Zellen sind da sehr deutlich reihenweise in Richtung der Wurzelaxe angeordnet. Bei keiner anderen untersuchten Pflanze haben wir diese s. g. Säule so deutlich wie hier gefunden. Man könnte sagen, dass in der Haube zwei scharf getrennte Theile, die Säule und die Seiten-Partien, sind. Wo diese zusammenschliessen, da sind kleine mit Luft gefüllte Interzellularräume, die besonders bei geringer Vergrösserung (Fig. 24) dazu mitwirken, dass die Grenze noch deutlicher hervortritt.

Von sehr grossem Interesse ist der soeben beschriebene Bau der Wurzelanlage der Lupinus-Samen, da derselbe mit dem der Wurzelspitze der Gymnospermen vollkommen übereinstimmt. Die lange gesuchte Verbindung zwischen den Gymno- und Angiospermen ist also hiedurch völlig geknüpft worden. Eine Vergleichung z. B. der Fig. Strasburgers über *Thuja occidentalis* (Die Coniferen und die Gnetaceen. Atlas, Tafel XXIV, Fig. 22) zeigt mit der hier beigefügten Figur eine grosse Aehnlichkeit. Nur die Säulenbildung tritt bei *Thuja* minder scharf hervor. Bei dieser letztgenannten Pflanze theilt sich die innerste Zellreihe des Periblems wiederholte Male (auf der Fig. nur einmal) mit tangentialen Wänden centripetal, ganz auf dieselbe Weise wie bei anderen Pflanzen das Dermokalyptrogen, für die Absonderung der Schichten der Haube. Diese innerste Zellreihe, die an Strasburgers Fig. schattirt ist, bildet sich weiter von der Spitze ab zur Kernscheide um. Eine solche Theilung in centripetaler Richtung tritt aber in der Lupinus-Wurzelanlage nicht

so deutlich hervor. Im Allgemeinen kann man nahe dem Vegetationspunkte eine solche Theilung der innersten Zellreihe in zwei beobachten. Mehrere solche Theilungen haben wir jedoch nicht gesehen. Durch die einzige hier vorhandene wird indessen die Grenze zwischen Plerom und Periblem scharf genug angedeutet. Wird aber diese innerste Zellreihe unterhalb der Theilungsstelle verfolgt, so findet man bald, wie sie sich auf gewöhnliche Weise in zwei theilt. Keine weitere in derselben Richtung stattfindende Theilung ist indessen beobachtet worden.

Mimosa pudica (Taf. XXVI, Fig. 25). Auch die Wurzelanlage dieser Pflanze haben wir untersucht und sie stimmt mit der der Lupinus-Arten grösstentheils überein. In der innersten Periblemreihe (ks.) werden indessen zwei centripetale, akropetale Theilungen beobachtet, während *Lupinus* nur eine zeigte. Eine Folge daraus wird auch die, dass die Grenze zwischen Plerom (pl.) und Periblem (pb.) noch schärfer als bei *Lupinus* hervortritt. Die äusserste Pleromreihe (pk.) ist auch bei *Mimosa* viel schärfer differenzirt. Dass auch hier eine Säule vorhanden ist, zeigt sich aus der Fig.

Acacia Lophantha. Diese nebst zwei anderen[1]) Arten derselben Gattung hat schon Holle untersucht und „eine merkwürdige Abweichung vom Typus der Dikotylen-Wurzeln" gefunden. Mehrere unter den erwähnten Eigenthümlichkeiten bleiben aber noch in der Arbeit des genannten Verfassers als isolirte unerklärte Beobachtungen („ein merkwürdiges Verhalten") übrig. Erst durch eine Vergleichung mit *Lupinus* und *Mimosa* können diese richtig erklärt werden. So ist z. B. das Verhältniss mit der von Holle erwähnten centripetalen Zelltheilung der innersten Periblemreihe, welche Theilung auch wir beobachtet haben. Diese tritt jedoch hier nicht so deutlich hervor wie bei *Mimosa*. Die Curven können nicht so rings herum wie bei dieser verfolgt werden. Sonst können wir die Behauptung Holles bestätigen, dass ein Stück weiter nach unten diese Zellreihe sich auf gewöhnliche Weise in zwei theilt. Das Verhältniss ist also ganz dasselbe, wie bei *Mimosa*, nur mit dem Unterschiede, dass es bei dieser viel deutlicher ist. Holle führt es als eine Eigenthümlichkeit

[1]) Diese beiden Arten *A. Catechu* und *A. galiophylla* ist mir nicht gelungen zu verschaffen. Am meisten typisch wird wohl doch *A. Lopantha* dem Holle geschienen sein, da diese Art vorzugsweise von ihm behandelt wird.

an, ohne dessen Bedeutung für den Zuwachs der Wurzel im Ganzen zu erklären. Das Phänomen ist indessen ganz und gar dasselbe wie das, welches uns bei den Gymnospermen begegnet. Die innerste Zellschicht des Periblems verhält sich also in dem Falle, wo dieses die Haube bildet, auf dieselbe Weise wie das Dermokalyptrogen, wo dies derselben den Ursprung giebt. Was ausserdem die Fig. Holles betrifft, so haben wir dieselbe rücksichtlich des Baues des Periblems nicht ganz treu gefunden. Weder können hier die Zellreihen des Periblems als einfache ganz hinaus, noch wie bei *Lupinus* als getheilte deutlich verfolgt werden. Wenn eine Zellreihe eine Strecke gegen die Spitze fortgegangen ist, wird sie von zwei Reihen, zwischen welchen sie sich, so zu sagen, prosenchymatisch hineinschiebt, fortgesetzt. Ebenso wird auch die Zahl der Zellreihen vermehrt. Eine Art von Verschiebung an die Seite findet dadurch statt, welche dem ganzen Gewebe ein ungewöhnlich ungeordnetes Aussehen giebt. Das ganze sieht wie lange zwischen einander eingekeilte Prosenchymzellen aus, die sich durch Querwände jede in viele Tochterzellen getheilt haben. Bei geringer Vergrösserung bewirkt dies ein Bild, das dem bei *Lupinus* etwas gleicht. Eine Andeutung der Grenze des Periblems gegen die von demselben stufenartig gebildete Haube kann dadurch unterschieden werden. Dieser Bau des Periblems wird nicht von Holle im Texte erwähnt und tritt auch nicht auf der Fig. hervor. Wir sehen hier offenbar eine schwache Andeutung zu dem Bau, der bei *Lupinus* seine volle Ausbildung erreicht hat, d. h. zu dem Bilden der Haube ausschliesslich aus dem Periblem. — Die äusserste Zellreihe ist wohl, wie Holle behauptet, als eine Epidermis zu betrachten. Uns scheint aber diese Schicht sich nicht in mehrere, wie dieser Verf. angiebt, zu theilen, sondern als eine durchaus einfache fortzugehen. Erst in der nächst darunter liegenden Zellreihe tritt eine Verdoppelung ein.

Betrachten wir nun den Bau der ausgekeimten Pfahlwurzel oder der nachher ausgebildeten Wurzeln höherer Ordnung bei den soeben beschriebenen Pflanzen, so zeigt sich bald eine Veränderung. Diese besteht bei Lupinus darin, dass die Säule sich mehr und mehr ausbreitet. Auch hört sie auf, so scharf begrenzt wie vorher hervorzutreten. Jetzt ist die Grenze zwischen Periblem und Plerom fast aufgehoben. Die Fig. 27 unserer Taf. XXVII zeigt einen Läng-

schnitt der Pfahlwurzel bei *Lupinus Dunetti.* Die Wurzel ist viel dünner als die Wurzelanlage. Das Periblem hat eine geringe Stärke und dessen Wirksamkeit bei der Haubenbildung ist nicht mehr so deutlich wie in dem Samen. Die Wurzel nähert sich also im Bau der Spitze von jetzt an gewissermaassen einer gewöhnlichen Leguminosen-Wurzel, z. B. der von *Vicia sativa.* Bei den übrigen Lupinus-Arten ist die Pfahlwurzel auf dieselbe Weise gebaut. Bei *Mimosa pudica* zeigen sowohl die Pfahlwurzel als die übrigen späteren Wurzeln denselben Bau wie bei *Lupinus.* Auch wird hier die vorher so scharfe Grenze in der Spitze zwischen Plerom und Periblem etwas verwischt. — Bei *Acacia Lophantha* dagegen geht die Veränderung eher in entgegengesetzter Richtung. Der erwähnte gymnosperme Bau tritt in der voll entwickelten Wurzel deutlicher als in der Wurzelanlage hervor. Der Bau des Periblems ist derselbe wie in der Lupinus-Wurzelanlage, auch was die s. g. Säule betrifft. Berechtigt ist wohl auch deshalb die Behauptung Holles, dass die Säule bei dieser Pflanze erst nach dem Austreten aus dem Samen gebildet wird.

IV.

In Uebereinstimmung mit der hier oben gelieferten Beschreibung wollen wir für die dikotylen Pflanzen in Betreff des Baues der Wurzelspitze folgende vier Typen aufstellen [1]):

Erster Typus: In der Wurzelspitze sind es drei gesonderte Meristemgewebe, Plerom (Hanst.; cylindre central Jancz.), aus welchem das Mark, Gefässbündel und Perikambium sich entwickeln, Periblem (Hanst.; écorce Jancz.), aus welchem die primäre Rinde entsteht und ein für die Epidermis und Haube gemeinsames Meristem, Dermokalyptrogen (Dermatrogen Hanst.; couche calyptrogène Jancz.). Das Plerom schiebt als ein in der Spitze abgerundeter centraler Theil hervor, dessen äusserste Zellreihe das Perikambium der Wurzel bildet. Das Periblem entsteht entweder aus einer einzigen

[1]) Die Zusammenfassung dieser unserer Resultate haben wir schon an anderem Orte mitgetheilt: Ueber den Vegetationspunkt der Dikotylen-Wurzeln. Eine vorläufige Mittheilung. Bot. Zeit., 1876, No. 41. Die einzige Abweichung von der da gelieferten Darstellung, wozu wir uns veranlasst gesehen haben, ist die Auswechselung des Namens Dermatokalyptrogen gegen den Namen Dermokalyptrogen. Diesen ziehen wir als in sprachlicher Hinsicht richtiger und als in praktischer kürzer jenem vor.

quer gestellten Zellreihe, Initialreihe, aus ungefähr 3—5 Zellen bestehend, bei *Compositae (Helianthus annuus), Cruciferae (Raphanus sativus), Plantagineae (Plantago media), Labiatae (Coleus hybridus), Polygoneae (Polygonum amphibium aquaticum)*; oder aus in zwei Reihen ausser einander liegenden Initialen, wobei die äussere Reihe eine grössere oder geringere Selbständigkeit haben kann, bei *Lineae (Linum usitatissimum), Menyantheae (Menyanthes trifoliata), Solanaceae (Solandra grandiflora, Solanum tuberosum), Onagrarieae (Epilobium hirsutum), Asclepiadeae (Stephanotis floribunda, Asclepias curassavica), Apocyneae (Allamanda neriifolia), Umbelliferae (Sium angustifolium), Veroniceae (Veronica Beccabunga), Labiatae (Mentha aquatica, M. rotundifolia, Salvia patens), Piperaceae (Piper blandum), Verbenaceae (Duranta Plumieri, D. Elisia), Malvaceae (Abutilon insigne)*; oder aus drei bis mehreren Initialreihen in der Spitze, bei *Asclepiadeae (Hoja carnosa), Malvaceae (Abutilon molle, Pavonia Weldini, P. spinifex), Menyantheae (Villarsia nymphaeoides), Convolvulaceae (Convolvulus Cneorum), Begoniaceae (Begonia nelumbifolia, B. ricinifolia, B. glacialis)*. Schon bei mehreren dieser letzten, z. B. den genannten Malvaceen, zeigt sich ein Annähern zum folgenden Typus. Noch deutlicher scheint indessen der Uebergang bei den folgenden *Proteaceae (Banksia integrifolia), Dipsaceae (Morina elegans), Malvaceae (Hibiscus liliiflorus), Cacteae (Opuntia stricta), Phytolaccaceae (Phytolacca dioica)* zu sein, über deren rechten Platz wir sehr zweifelhaft gewesen sind.

Zweiter Typus. In der Wurzelspitze sind es nur zwei gesonderte Meristemgewebe, ein Plerom von demselben Bau wie bei vorigem Typus, und ein für die primäre Rinde, Epidermis und Haube gemeinsames Gewebe. So bei *Malvaceae (Lavatera pallescens, Dombeja Mastersii, Sida rhombifolia, Hibiscus pedunculatus, H. Rosa sinensis), Sterculiaceae (Sterculia trichosiphon), Araliaceae (Aralia Sieboldii), Proteaceae (Grevillea robusta, Hakea oleifera), Pomaceae (Photinia serrulata), Myoporineae (Myoporum eugenioides), Myrtaceae (Eucalyptus globulus), Escallonieae (Escallonia macrantha), Acanthaceae (Goldfussia isophylla), Coffeaceae (Coffea arabica), Umbelliferae (Selinum decipiens, Levisticum officinale), Pittosporeae (Pitosporum eugenioides)*. Unter diesen nähern sich einige z. B. *Escal-*

lonia, Goldfussia der *Banksia* (1. Typus), andere z. B. *Coffea, Levisticum, Pittosporum* dem folgenden Typus.

Dritter Typus. Die sämmtlichen primären Gewebe der Wurzel entstehen aus einem für alle gemeinsamen Meristem. So bei *Leguminosae (Vicia sativa, V. narbonensis, Pisum sativum, Cicer arietinum, Phaseolus multiflorus, Lathyrus odoratus, L. latifolius, Robinia Pseudacacia, Cassia glauca), Thymeleae (Daphne Laureola), Cucurbitaceae (Cucumis sativus, Bryonia cretica), Acerineae (Acer Pseudoplatanus. A. Ps. var. subtomentosum), Euphorbiaceae (Ricinus communis, Mercurialis perennis), Cupuliferae (Fagus sylvatica), Moreae (Ficus racemosa, F. elastica, F. macrophylla, F. pedunculata), Piperaceae (Enkea glauca, Ottonia plantaginea), Labiatae (Lamium album, Ballota ruderalis), Gunneraceae (Gunnera chilensis, G. Perpensum), Aurantiaceae (Citrus Aurantium).* Zu diesem Typus sind auch einige zu rechnen, welche von allen vorhergehenden durch eine überwiegende centrifugale Entwickelungs-Ordnung des Periblems abweichen, wie *Ranunculaceae (Ranunculus repens, Caltha palustris, Ficaria ranunculoides), Magnoliaceae (Drimys Winteri), Nymphaeaceae (Nuphar luteum), Primulaceae (Primula veris, Hottonia palustris).*

Vierter Typus. In der Wurzelspitze sind es nur zwei gesonderte Meristemgewebe, Plerom und Periblem. Jenes hat denselben Bau wie bei dem ersten und zweiten Typus. Dieses dagegen, anstatt wie gewöhnlich verringert zu werden, nimmt in der Zahl der Zellreihen gegen die Spitze zu und bildet durch tangentiale, akro- und centripetale Theilungen die Haube. Dieser Typus stimmt mit dem der Gymnospermen vollständig überein. Er ist in der Pfahlwurzel des ruhenden Embryos einiger Leguminosen, *Lupinus nanus, L. mutabilis, L. hybridus, L. albus, L. grandiflorus, L. Dunetti, Mimosa pudica* und gewissermaassen, wenn auch weniger deutlich, bei *Acacia Lophantha* entwickelt, während in der ausgekeimten Wurzel der im Keime so deutliche gymnosperme Bau gewöhnlich (*Acacia* macht eine Ausnahme) fast aufgehoben und die Wurzelspitze der der übrigen oben genannten Leguminosen ähnlicher wird.

V.

Werden die hier gegebenen Resultate mit den von Holle verglichen, so treten die grossen Verschiedenheiten so wohl in der Weise zu sehen als auch in der Auffassung des gesehenen deutlich hervor. Der Behauptung Holles, dass der Leguminosen-Typus Janczewskis nur ein sekundäres Degenerations-Stadium des Helianthus-Typus sei, können wir keineswegs beitreten. Schon bei dem ersten Durchlesen des Aufsatzes Holles konnten wir nicht umhin, darüber zu erstaunen, dass mehrere der erwähnten Pflanzen z. B. *Ficus, Citrus, Ranunculus, Acer* im Meristem einen anderen Bau zeigen würden, als den wir bei unserer Untersuchung derselben Pflanzen (wenigstens Gattungen) gefunden hatten. Wir hielten natürlicher Weise einen Irrthum auf unserer Seite für ganz gewiss. Wiederholter Untersuchungen ungeachtet haben wir doch von der ersten Auffassung nicht abweichen können. Vielleicht dürfte als eine Stütze für unsere Meinung die verhältnissmässig grosse Zahl von Arten und Gattungen, die wir untersucht haben, angeführt werden. Wir sind dadurch besser im Stande gewesen, die Sache, so zu sagen, im Grossen zu sehen. Auch wurden wir von dem deutlich parteiischen Tone überrascht, womit der Verf. die Arbeit Janczewskis behandelt. Mit der äussersten, an Kleinlichkeit grenzenden Sorgfalt werden alle möglichen Anmerkungen hervorgesucht, unter denen nach unserer Meinung auch unberechtigte vorhanden sind, so z. B. wenn der Verf. durch eine merkwürdige und künstliche Vergleichung die Auffassung Janczewskis vom Dermatogen zu widerlegen sucht; wenn der Verf. die Figuren und den Text Reinkes in Schutz nimmt; wenn der Verf. triumphirend fragt, wie Janczewski eine *Acacia* mit seinem Leguminosen - Typus vereinigen wolle u. s. w. Uns scheint es, als ob dadurch ein mehr als gebührender Schatten auf diejenige Arbeit geworfen ist, die unter den über den Gegenstand erschienen ohne Zweifel die beste ist.

Was dann den Versuch des Verf. angeht, die von Reinke aufgestellten Sätze zu ihrem früheren Ansehen zu erheben, so muss ein solcher unseres Erachtens nothwendig vergeblich werden, da gegen diese Sätze nach und nach ernsthafte Einwürfe von mehreren Seiten ausgesprochen worden sind. Das eigentliche Verdienst dieser Arbeit

Reinkes, die eine Zeit lang für ganz befriedigend gehalten und von J. Sachs in seinem Lehrbuche ohne Kritik aufgenommen wurde, scheint uns in dem Aufstellen des s. g. Helianthus-Typus zu liegen. Das aber ein solches Aufstellen zu Stande kam, beruhte wohl nicht wenig auf der unmittelbar vorher erschienenen Arbeit Hansteins über die Ausbildung des Keimes. Und es war mehr als ein Entwurf, der durch diese Arbeit einem Nachfolger geliefert worden war. Die Herstellung selbst und die Erörterung des aufgestellten Helianthus-Typus lässt indessen viel zu wünschen übrig, wie spätere Untersuchungen gezeigt haben. Erst durch die Beleuchtung Janczewskis wurde die Frage in ein richtigeres Licht gestellt.

Ist nun schliessich die Frage zu entscheiden, von welcher Bedeutung in der einen oder anderen Hinsicht die hier angedeuteten Verschiedenheiten im Bau des Meristems seien, so hegen wir die feste Ueberzeugung, dass diese Bedeutung sehr gering ist. Nahe verwandte Familien, Gattungen derselben Familie, ja selbst Arten derselben Gattung zeigen Verschiedenheiten unter einander. Die Systematik kann also keinen Nutzen davon haben. Das grosse Gewicht, das man in neuerer Zeit auf den Bau des Meristems in der fanerogamen Wurzel gelegt hat, scheint uns also grösser zu sein, als dasselbe an sich verdient. Wir möchten fast als eine Möglichkeit annehmen, dass rein lokale Verhältnisse von Einfluss sein können und dass also der Bau vielleicht bisweilen nicht ausschliesslich aus einem der Wurzel inliegenden Entwickelungstriebe bedingt ist. So z. B. zeigen die Wasserpflanzen im Allgemeinen eine mehr regelmässige Anordnung in der Initialgruppe des Meristems, als die Pflanzen, welche in Erde ihre Wurzeln treiben. Dessen ungeachtet halten wir es doch nicht für überflüssig, sondern für sehr wichtig, dass einer Frage, die schon in der moderneren Literatur eine so grosse Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat, alle Sorgfalt gewidmet wird, damit dieselbe sich der schliesslichen vollständigen Lösung nach und nach nähern muss. Ist nun einerseits der merkwürdig einfache Bau, den die Wurzel bei *Helianthus* zeigt, eine von Allen bestätigte Beobachtung, so ist es andererseits eine gänzlich falsche Vorstellung, dass derselbe Bau bei der Mehrzahl von Dikotylen vorkäme. Eine solche Auffassung z. B. der *Acer*-Wurzelanlage, wie diejenige Holles, dass dieselbe ein Bild des *Helianthus* wäre, scheint uns die Kenntniss

in dieser Frage in völlige Verwirrung zu bringen. Je mehr wir unsere Untersuchungen ausgedehnt haben, desto mehr sind wir davon überzeugt worden, dass ein solcher Bau, wie der des *Helianthus,* wirklich sehr selten, nicht einmal im embryonalen Stadium vorhanden ist, sondern dass die Zellen in dem Vegetationspunkte am häufigsten eine weit ungeordnetere Lage unter einander einnehmen.

VI.

Für unvollständig würde vielleicht unsere hier gelieferte Darstellung gehalten werden, wenn wir nicht mit einigen Worten die Resultate erwähnten, wozu man mit Rücksicht auf den Bau der Wurzelspitze der monokotylen Pflanzen gekommen ist. Mancher wird es wohl als einen Fehler tadeln, dass wir uns so ausschliesslich und einseitig an die dikotylen Pflanzen gehalten haben. Die monokotyle Wurzel zeigt in ihrem Bau im Allgemeinen eine so grosse Uebereinstimmung mit dem primären Stadium der Dikotylen, dass es schwer ist, einen Unterschied dazwischen aufzustellen. Es liegt da auch nahe anzunehmen, dass im Meristem keine Verschiedenheiten vorkommen, die eine so strenge Unterscheidung berechtigen, wie wir uns erlaubt haben, indem wir nur der einen Gruppe die Aufmerksamkeit gewidmet haben. Weit entfernt, diesen Mangel auf irgend eine Weise zu läugnen, sind wir willig zu gestehen, dass eine Untersuchung der Monokotylen von grossem Interesse gewesen wäre, insbesondere da die Meinungen über den Bau dieser Pflanzen noch so streitig sind. Nur um eine Grenze für uns zu bestimmen, setzten wir uns anfangs vor, bei der Pflanzen-Gruppe, welche wir jetzt behandelt haben, stehen zu bleiben. Im Laufe unserer Untersuchungen erschien auch eine grössere Arbeit von M. Treub[1]), die sich ausschliesslich mit den Monokotylen beschäftigt.

Werden wir nun hier eine kurze Uebersicht der Monokotylen in der hier erwähnten Hinsicht liefern, so halten wir es nicht für zweckmässig, bei jedem Verfasser, der sich mit dieser Frage beschäftigt hat, stehen zu bleiben. Wir geben uns damit zufrieden, die Namen der Verfasser aufzurechnen und wollen übrigens zu der ausführliche-

[1]) M. Treub, Le méristème primitif de la racine dans les Monokotylédones. Leide, 1876.

ren Darstellung in der so eben genannten Arbeit Treubs hinweisen. Auch hier macht Hanstein den Ausgangspunkt aus und folgen nach ihm Reinke, Hieronymus, Prantl, Janczewski, Fleischer, Hegelmaier und zuletzt Treub und Holle. Die Arbeiten der beiden letzten nebst der Janczewskis können als die in dieser Frage wichtigsten betrachtet werden, und wir wollen deshalb aus diesen die Resultate aufsuchen, wozu sie gekommen sind. Die Meinungen Janczewskis und Treubs[1]) können auf folgende Weise zusammengefasst werden:

Erster Typus. In der Spitze der fortwachsenden Wurzel sind es vier von einander unabhängige Meristemgewebe, Kalyptrogen, das die Wurzelhaube, Dermatogen, das die Epidermis, Periblem, das die Rinde, und Plerom, das den Centralcylinder bildet. Die Thätigkeit des Kalyptrogens hört bald auf, und nachdem die Wurzel in die Länge zu wachsen aufgehört hat, wird die Haube vollständig abgeworfen. Hieher gehört sowohl nach Janczewski als Treub *Hydrocharis Morsus ranae* und *Pistia Stratiotes.* [Diesem Typus entsprechen keine bisher untersuchten dikotylen Pflanzen.]

Zweiter Typus. Die Wurzelspitze hat drei von einander unabhängige Meristemgewebe. Die Wurzelhaube wird uus einem getrennten Kalyptrogen, der Centralcylinder aus einem getrennten Plerom entwickelt, die Rinde und Epidermis dagegen haben in der Spitze gemeinsame Initialen. Hieher gehören nach Janczewski *Allium odorum, A. glaucum, Hordeum vulgare, Triticum sativum, Zea Mays, Canna speciosa, Stratiotes aloides, Alisma Plantago, Acorus Calamus, [Elodea canadensis*[2]*)], Sagittaria sagittifolia;* nach

[1]) Da wir hier eine kurze Darstellung dieser Arbeit Treubs liefern, so können wir unsere Zweifel in Betreff mehrerer Sachen in derselben nicht zurückhalten. Wir sind nicht immer von der Richtigkeit der vorgelegten Sätze überzeugt worden; Figuren und Text stimmen bisweilen nicht recht gut überein. Besonders wird wohl die systematische Bedeutung, die Treub dem Bau der Wurzelspitze der Monokotylen zuschreiben will, von sehr zweifelhafter Natur sein.

[2]) *Elodea canadensis* haben wir in unserer schwedischen Auflage als einen vierten Typus aufgenommen. Dies ist nicht ganz richtig. Janczewski stellt diese Pflanze mit den oben genannten zusammen, während Treub (a. a. O., S. 42) sagt: „De toutes les plantes Monocotylédonées que j'ai examinées, l'*Elodea canadensis* occupe, à l'égard du méristème primitif de la racine une place tout à fait exceptionelle.“ Seite 49 wird dieselbe so beschrieben: „Dans l'*Elodea* la partie intérieure du périblème se prolonge jusqu'à un anneau d'initiales secondaires qui

Treub *Juncaceae, Haemadoraceae, Cannaceae, Zingiberaceae, Typha angustifolia, Cyperaceae, Gramineae, Commelynaceae, Potameae, Juncagineae, Sagittaria sagittifolia, Limnocharis Humboldti (?), Valisnerieae, Stratiotes aloides.* Einen Uebergang zwischen diesem und folgendem Typus bilden nach diesem Verf. *Irideae, Pontederiaceae, Sparganium ramosum, Alisma Plantago (?)* und *Butomus umbellatus.* [Auch diesem Typus entsprechen keine noch untersuchten dikotylen Pflanzen.]

Dritter Typus. Die Wurzelspitze hat zwei von einander unabhängige Meristemgewebe. Nur der Centralcylinder besitzt sein selbständiges Meristem, Plerom, während dass die Wurzelhaube, Epidermis und Rinde sich aus gemeinsamen Initialen entwickeln. Hieher gehören nach Treub *Liliaceae, Astelieae, Xerotideae, Aspidistreae, Ophiopogoneae, Amaryllideae, Hypoxideae, Dioscoreae, Taccaceae, Bromelieae, Musaceae, Orchideae, Palmae, Pandaneae, Cyclantheae, Aroideae (Pistia* ausgenommen). [Diesem Typus entspricht unser oben aufgestellter Zweiter Dikotylen-Typus.]

Holle dagegen will bei den Monokotylen, wie vorher bei den Dikotylen, stets einen und denselben Typus sehen. Nur ein Monokotylen-Typus wird also angenommen, zu welchem ausser den wichtigsten der von Janczewski untersuchten, auch folgende gerechnet werden: *Phalaris, Arundinaria, Cyperus, Juncus, Chamaedorea, Carludovica, Pandanus, Typha, Calla, Anthurium, Aspidistra, Hyacinthus, Leucojum, Ornithogalum, Iris, Valisneria.* Das Kennzeichen dieses Typus wäre „das Vorhandensein eines selbständigen Calyptrogens.“ *Hydrocharis* und *Pistia* abzusondern, um von diesen einen besonderen Typus zu bilden, hält Holle für unberechtigt. Die zwischen diesen Typen aufgegebene Verschiedenheit verliert nach diesem Verf. ihren Werth dadurch, dass die Beiwurzeln bei *Valisneria spiralis* im Anfange eine oder einige gemeinsame

---

entoure le sommet du plérome; les séries extérieures du périblème, de même que le dermatogène, vont se perdre dans la coiffe.“ Uns scheint es jedoch noch nicht klar, wohin die fragliche Pflanze zu rechnen ist. Nach der Beschreibung Treubs steht sie vielleicht dem dritten Typus hier oben am nächsten, nach der Figur desselben Verfassers scheint sie uns eine geringe Annäherung zum Helianthus-Typus (z. B. *Banksia integrifolia*) zu zeigen. Ihren richtigen Platz wollen wir also bis auf Weiteres für noch nicht entschieden halten.

Initialen des Dermatogens und Periblems zeigen, und dass diese Initialen sich bald tangential theilen. Nach dieser letzten Theilung tritt das Dermatogen als eine ringsum geschlossene Zellreihe mit seinen getrennten Initialen auf. Um seine Auffassung von einem allgemein geltenden Monokotylen-Typus weiter bestätigt zu sehen, sucht Holle durch eine unseres Erachtens zum wenigsten eigenthümliche Schlussfolge-Art ein durchaus getrenntes Dermatogen allen von ihm und von Janczewski untersuchten Monokotylen zuzuschreiben.

Erklärung der Abbildungen.

Die auf den sämmtlichen Tafeln vorkommenden Bezeichnungen haben folgende Bedeutung: pl. = Plerom, pk. = Perikambium, pb. = Periblem, ks. = Kernscheide, sep. = Subepidermis, ep. = Epidermis, dkg. = Dermokalyptrogen, m. = Haube, k. = Kolonne.

Taf. XVIII.

Fig. 1. **Raphanus sativus.** Lgsn. (Längsschnitt) der Pfahlwurzel (1 : 300).
Fig. 2. **Coleus hybridus.** Lgsn. der Beiwurzel (1 : 300).

Taf. XIX.

Fig. 3 **Menyanthes trifoliata.** Lgsn. der Beiwurzel (1 : 300).
Fig. 4—7. Dieselbe im Querschnitt (1 : 300). Fig. 4 nahe der Spitze, Fig. 5 weiter unten, Fig. 6 die innersten Rindeschichten, Fig. 7 Schicht aus der mittelsten Rinde weiter von der Spitze ab.

Taf. XX.

Fig. 8. **Stephanotis floribunda.** Lgsn. der Beiwurzel (1 : 300).
Fig. 9. **Hoja carnosa.** Lgsn. der Beiwurzel (1 : 300).

Taf. XXI.

Fig. 10. **Villarsia nymphæoides.** Lgsn. der soeben ausgewachsenen Beiwurzel (1 : 300).
Fig. 11. Dieselbe. Lgsn. der Beiwurzel vom vorigen Jahre (1 : 300).
Fig. 12—13. Dieselbe (1 : 40). Fig. 12 = Fig. 10; Fig. 13 = Fig. 11.

Taf. XXII.

Fig. 14. **Convolvulus Cneorum.** Lgsn. der Beiwurzel (1 : 300).
Fig. 16. **Banksia integrifolia.** Lgsn. der Beiwurzel (1 : 300).

Taf. XXIII.

Fig. 15. (1 : 40) = Fig. 14.
Fig. 17. **Lavatera pallescens.** Lgsn. der Beiwurzel (1 : 300).
Fig. 18. **Aralia Sieboldii.** Lgsn. der Beiwurzel (1 : 300).

Taf. XXIV.

Fig. 19. **Vicia sativa.** Lgsn. der Wurzelanlage (1 : 180).
Fig. 20. Dieselbe. Lgsn. der Pfahlwurzel (1 : 180).

Taf. XXV.

Fig. 21. **Vicia narbonensis.** Lgsn. der Wurzelanlage (1 : 300).
Fig. 22. **Acer Pseudoplatanus.** Lgsn. der Wurzelanlage (1 : 180).

Taf. XXVI.

Fig. 23. **Ranunculus repens.** Lgsn. der Beiwurzel (1 : 180).
Fig. 24. **Lupinus nanus.** Lgsn. der Wurzelanlage (1 : 40).
Fig. 25. **Mimosa pudica.** Lgsn. der Wurzelanlage (1 : 300).

Taf. XXVII.

Fig. 26. (1 : 180) = Fig. 24.
Fig 27. **Lupinus Dunetti.** Lgsn. der Pfahlwurzel (1 : 300).

Versuche über die Druckkraft der Stammorgane bei den Erscheinungen des Blutens und Thränens der Pflanzen

von

Prof. **Ad. Pitra.**

Die Erscheinungen des sogenannten Thränens und Blutens der Pflanzen sind bis jetzt, trotz den vielen Versuchen und Erklärungen, welche unsere Wissenschaft enthält, nicht genügend aufgeklärt. Man kann in der Hinsicht zwei Hauptfragen aufstellen, erstens — in Betreff der Kräfte, welche dabei wirksam sind, und zweitens — hinsichtlich der Pflanzentheile, in welchen diese Kräfte ihre Thätigkeit ausüben, also wo deren Sitz zu suchen ist. Zur Zeit, als man die Erscheinungen des Blutens durch Capillarität, Hygroskopicität, Contractilität etc. zu erklären suchte, wurde der ganze Pflanzenkörper, die Wurzel wie der Stamm, als Träger dieser Kräfte beansprucht, aber freilich konnten diese Krätte nicht die Erscheinung des Saftausflusses aus der Pflanze verursachen. Seit Dutrochet, welcher die Aufmerksamkeit der Physiologen auf die Kraft der diasmotischen Processe richtete, hat sich die Lehre, dass diese Processe als hauptsächliches ursächliches Princip den genannten Erscheinungen zu Grunde liegen, immer mehr Bahn gebrochen und befestigt; man erkannte in der Diasmose eine Kraft, durch deren Thätigkeit ein stätiges, lange andauerndes und in bedeutenden Mengen vor sich gehendes Ausfliessen des Saftes aus der Pflanze ermöglicht wird. Ausser der Exosmose wurde noch die Spannkraft der Gewebe und die Temperaturänderungen in der Pflanze als mehr oder weniger bedeutend mitwirkende Ursachen des Blutens und Thränens beansprucht. Das Steigen der Temperatur im Stamme wie in der Wurzel wird gewiss einen Ausfluss

des Saftes verursachen können, aber nur für eine gewisse verhältnissmässig kurze Zeitdauer, bis ein Sinken derselben wieder eintritt, auch wird der Saftausfluss wahrscheinlich in einem verhältnissmässig beschränkten Grade vor sich gehen können. — Die saftdrückende Thätigkeit der Exosmose und vielleicht auch der Spannkraft der Gewebe könnte, nach einer aprioristischen Ansicht, sowohl in der Wurzel wie im Stamme angenommen werden, aber die in der Wissenschaft bekannten Versuche, besonders mit der Weinpflanze, führten zu einer, man kann sagen, allgemeinen Auffassung, dass diese Kräfte nur in der Wurzel zu suchen seien.

Zwar vertrat E. Brücke eine andere Ansicht[1]); annehmend, dass die Anfüllung der Gefässe mit Flüssigkeit von den an löslichen Stoffen reichen Zellen der Markstrahlen und der Markscheide ausgehe, sprach derselbe die folgende Ansicht aus: „Richten wir die Frage an uns was wir von der Bewegung des Saftes in den Spiralröhren zur Zeit des Blutes wissen, so fällt die aufrichtige Antwort freilich sehr unbefriedigend aus. Zuförders wissen wir, dass die unteren Partien der Stöcke (Weinrebe) im Allgemeinen früher bluten als die oberen. Dies lehrt aber nun keineswegs, dass der Saft zuerst unten durch die Wurzeln in die Spiralröhren gelange, sondern er kann eben so gut zuerst in den Aesten in sie ergossen werden und sich nach den Gesetzen der Schwere senken: sind dann die Spiralröhren auf diese Weise bis zu einer gewissen Höhe gefüllt, so muss ein unterhalb derselben abgeschnittener Ast bluten.“ Und auf einer anderen Stelle: „es lägen schon Facta vor, welche es überaus wahrscheinlich machen, dass der Saft gerade zur Zeit des jährlichen Maximums, das heist zur grössten aller täglichen Maxima, in den Spiralröhren absteigt, und man muss vermuthen dass dieses während des grössten Theiles der Zeit des Blutens der Fall ist etc.“

Gegen diese Auffassung von E. Brücke hatte sich schon F. Unger[2]) ganz entschieden ausgesprochen: „Wir können weder in der Verdunstung der Blätter noch in der allmählichen Assimilation, welche gegen die höheren und gegen die peripherischen Pflanzentheile fort und fort einen für die Endosmose und die Safthebung angemessenen Zustand erzeugen sollte, für die Ursache der Hebung

[1]) Brücke, Poggend. Annal. 1844, Band LXIII, No. 10.
[2]) F. Unger, Sitzungsberichte d. K. Acad. d. W. Bd. XXVIII, 1858. S. 130.

der rohen Nahrungssäfte ansehen, sondern dieselbe einzig und allein als eine Folge des Druckes, der von der Wurzel ausgeübt wird, betrachten". Und Seite 131: „In allen Fällen wird die endosmotische Kraft der Wurzel ausreichen die rohe auf dem Wege durch so viele Zellen nach und nach mit assimilirten Stoffen zufällig imprägnirte Flüssigkeit nicht nur bis in alle Theile der Pflanze zu treiben, sondern dieselbe unter gewissen Umständen sogar aus den Spitzen der Blätter in ihrer unveränderten Form hinauszupressen".

Noch eingehender kekämpfte die Ansicht Brücke's, W. Hofmeister, dessen Auffassung über den Gegenstand in der Schlussfolgerung seiner bekannten Schrift[1]) formulirt wird: „Das Thränen beruht darauf, dass ein Theil der durch Imbibition der Zellhäute und durch Endosmose des Zellinhaltes aus dem Boden genommenen Flüssigkeit durch den Druck, welchen die Spannung der Parenchymzellenwände und die endosmotische Ueberfüllung der Zellräume auf das gesammte Gewebe der Wurzel üben, in deren Gefässe gepresst wird". W. Hofmeister nimmt also an, dass in der Thätigkeit der Wurzel die eigentliche Ursache des Thränens zu suchen sei, aber bei Besprechung der Untersuchungen von J. Sachs[2]), welche die Aenderung der Wasser haltenden Kraft der Hölzer bei Aenderungen der Temperatur zum Gegenstande hatten, bemerkt derselbe: „Hieraus erklärt sich eine lange Reihe von Beobachtungen und Erscheinungen beim Bluten und Thränen von Holzpflanzen im Frühlinge; der Eintritt des Blutens beim Steigen der Temperatur; die Steigerung des Ausflusses bei weiterem Wachsen derselben, sein Nachlassen und Aufhören bei ihrem Sinken; das Bluten der Aeste gewisser Pflanzen, wenn sie abgeschnitten (Ahorn, Hartig) oder selbst im Zusammenhange mit der Mutterpflanze (Weinrebe, Knight); namentlich aber der anscheinend sonderbare Umstand, dass die Bäume im Winter, wo sie nicht bluten, weit mehr Wasser im Holze enthalten, als zur Zeit des Thränens".

Eine noch grössere Bedeutung scheint J. Sachs der Ausdehnung und Zusammenziehung der Luft in den Hohlräumen des Holzes, vermittelt durch Temperaturwechsel, beigemessen zu haben; so bemerkt derselbe in seinem Handbuche der Experimental-Physiologie, S. 221,

[1]) W. Hofmeister, Flora 1862, S. 175.
[2]) J. Sachs, Bot. Ztg. 1860, S. 253.

Folgendes: Ich habe gezeigt, dass eine lange Reihe von längst bekannten Erscheinungen, welche man ebenfalls mit dem Namen des Blutens bezeichnete, und die man früher zu grosser Verwirrung des Gegenstandes mit dem Bluten unter den Einfluss der Wurzelkraft in eine Linie stellte, auf die Temperaturänderungen zurückzuführen sind, zunächst ist dies überall da der Fall, wo abgeschnittene Aeste bei Erwärmung bluten, bei Abkühlung zu bluten aufhören. Aber auch bei eingewurzelten Stämmen kann das Bluten unter Umständen ganz oder zum Theil auf der durch Erwärmung ausgedehnten Luft der Hohlräume des Holzes beruhen; doch wird man im Allgemeinen den Antheil, den die letztere Ursache an der Erscheinung hat, darnach ermessen können, dass das Bluten, so weit es durch Erwärmung bewirkt wird, nachlassen und aufhören muss, sobald die Temperatur sinkt, und dass die Ausflussmenge in diesem Falle niemals mehr als wenige Procente des Frischgewichtes der Pflanze betragen kann; trotzdem kann aber durch die blosse Erwärmung ohne Mitwirkuung der Wurzelkraft eine namhafte Menge von Saft ausfliessen, wenn die Masse des Holzes gross ist, so dass das Phänomen eine grosse Aehnlichkeit mit dem Bluten durch Wurzeldruck darbietet. Eine Birke von 300 Pfund Gewicht könnte bei einer Temperaturerhöhung von 0 auf 14° R. im Frühjahr recht wohl 1—2 Pfund Saft aus einem Bohrloch fliessen lassen, ohne dass die Wurzelkraft dabei betheiligt wäre. Es ist mir übrigens unbekannt, welche Saftmengen man aus Birken oder Zuckerahornen zu gewinnen im Stande ist und ob dieselben so gross sind, dass man ausser der hier besprochenen Ursache auch noch die Wurzelkraft, mit in Betracht ziehen muss". — In Betreff der Wurzelkraft führe ich aus demselben Buche noch folgende Sätze an. Seite 200: „Die grösste von Hales beobachtete Höhe bis zu welcher der Wurzeldruck den Saft emporschiebt, war 36 Fuss; es ist aber kein Grund zu der Annahme vorhanden, dass die Wurzel höchstens 36 Fuss Wasser heben könne, sie könnte ja auch grösserer Wirkungen fähig sein. Jene Druckhöhe wurde am Weinstock beobachtet; es liegt die Möglichkeit vor, dass die Wurzelkraft solcher Bäume, welche 150—200 Fuss hoch werden, eine entsprechend grösssere sein könne." Seite 203: „Der Sitz der den Saft emportreibenden Kraft ist in wachsenden Wasser aufnehmenden Wurzeln zu suchen; dass der Stamm dabei unbetheiligt ist, folgt schon daraus,

dass die Druckkraft cet. parib. grösser ist, wenn jener bis zum Wurzelhals abgeschnitten wird, dass also die Gegenwart des Stammes ein Hinderniss für die aufwärts pressende Kraft der gesammten Wurzel darstellt".

In der neusten 4. Auflage seines Lehrbuches sagt unser Autor Folgendes, Seite 653: „Die Annahme, ob das Wasser durch den Wurzeldruck in dem Stamme bis zu den Blättern hinaufgepresst würde, fällt weg, da dies nur in den Holräumen des Holzes stattfinden könnte, die gerade bei stark transpirirenden Pflanzen leer sind; für höhere Bäume wäre auch der Druck nicht gross genug, und wenn ich früher annahm, dass er wenigstens bei Stauden und einjährigen Pflanzen ausgiebig mitwirken könne, so nehme ich dies nach meinen 1870 gemachten Beobachtungen zurück, da diese zeigen, dass der Wurzelstock solcher Pflanzen (Helianthus, Kürbiss u. v. a.) während sie stark transpiriren, selbst unter negativem Druck stehen". Seite 655: „Wenn die Capillarität der Hohlräume im Holz für die Wasserströmung als unmittelbar unwirksam betrachtet werden muss, so kommt sie doch für andere, mit der Wasserbewegung mittelbar zusammenhängende Verhältnisse in Betracht. Im Winter und bei anhaltend nassem Wetter im Sommer findet sich nämlich auch in den Hohlräumen des Holzes viel Wasser neben Luftblasen, welche die weiteren Räume einnehmen. Wie dieses Wasser in die höheren Theile der Bäume gelangt, ist noch unbekannt, möglich dass es durch die Thaubildung bei schwankender Temperatur geschieht; festgehalten wird es aber zum grossen Theil durch Capillarität: zwar fliesst ein Theil des Wassers aus Bohrlöchern, welche nicht allzuhoch am Stamme angebracht sind, in manchen Fällen (Birke, Ahorn, Weinstock) aus; es ist anzunehmen, dass dieses ausfliessende Wasser durch den Wurzeldruck emporgetrieben worden ist; wie weit dieser hinaufreicht ist nicht ermittelt".

Die angeführten Citate erweisen, nach meinem Dafürhalten, dass die in der Wissenschaft bekannten Beobachtungen und Versuche nicht hinreichend sind, um bestimmte Schlüsse zu ergeben. In Betreff der wichtigsten Schlussfolgerung, wie oben angegeben wurde, behauptete F. Unger, dass die endosmotische Kraft der Wurzel in allen Fällen ausreichen wird nicht nur den Saft in alle Theile der Pflanze zu treiben, sondern denselben, unter Umständen, auch aus den Blättern hinauszupressen; J. Sachs spricht sich dahin aus, dass

für höhere Räume der Druck der Wurzel nicht hinreichend wäre, um den Saft bis in die Blätter hinaufzupressen. Die Bedeutung des Temperaturwechsels in der Pflanze, bei den Erscheinungen des Thränens und Blutens, ist auch unbestimmt und wahrscheinlich nicht gross, denn ein Saftausfluss kann in Folge dieser Ursache, wie auch J. Sachs bemerkt, nur bei einer Erhöhung der Temperatur stattfinden, worauf bei einer Abkühlung, ein entsprechendes Sinken des Saftes eintreten muss. Ferner ist aus den angeführten Ansichten, wie überhaupt aus der betreffenden neueren physiologischen Literatur zu ersehen, dass, E. Brücke ausgenommen, die herrschende Ansicht sich dahin ausgesprochen hat — die endosmotisch drückende Kraft nur in die Wurzeln zu verlegen; der Stamm wird dabei nur als ein Pflanzentheil betrachtet, durch welchen der Saft hinaufgetrieben wird, wie etwa J. Sachs in seinem Handbuche der Pflanzenphysiologie, Seite 200, denselben mit einem Rohre beispielsweise vergleicht. —

Wie oben schon bemerkt, hielt ich alle bekannten Versuche und Schlussfolgerungen für unzureichend, um die Erscheinungen des Blutens und Thränens genügend aufzuklären. Die einzige Kraft, welche, so viel wir wissen, ein fortwährendes, lange andauerndes und in bedeutenden Quantitäten vor sich gehendes Ausfliessen des Saftes aus der Pflanze hervorrufen kann, ist die Diasmose: dass dieselbe eine solche Thätigkeit in der Wurzel ausübt, ist unzweifelhaft und allgemein angenommen, aber, auf diese Weise localisirt, ist ihre Wirkungskraft wahrscheinlich unzureichend, um die bedeutendsten Erscheinungen des Saftausflusses zu erklären. Bei einer derartigen Beurtheilung drängt sich, so gesagt, von selbst die Frage auf — warum sollten denn die Stammtheile nicht ebensolche Druckkräfte enthalten, warum sollten in denselben nicht ebensolche diasmotitische Processe vor sich gehen, wie in den Wurzeln. Freilich ist diese Frage nicht neu, und wenn eine solche Thätigkeit der Stämme nicht zugegeben wurde, so sind wissenschaftliche Thatsachen vorhanden, welche dagegen sprechen. Aber so weit ich den Gegenstand beurtheilte, erschienen mir diese Thatsachen nicht vollständig beweisend zu sein und andererseits finde ich auch Beobachtungen, welche der in der aufgestellten Frage enthaltenen Vermuthung günstig sind. Es sei mir deshalb gestattet noch einige bekannte Beobachtungen und Ver-

suche anzuführen, welche dieser Vermuthung entweder widersprechen, oder als günstig betrachtet werden können.

Bei der kritischen Besprechung der Ansicht E. Brücke's sagt W. Hofmeister[1]): „Alle diese Erscheinungen deuten darauf hin, dass die Ursache der Spannung des Saftes ausserhalb der überirdischen Theile der Rebe selbst liegt. Diese Vermuthung wird durch einen einfachen Versuch sofort zur Gewissheit erhoben. Wird eine Wurzel nahe am Stamme blos gelegt, durchschnitten, ein Steigrohr der Schnittfläche des in der Erde verlaufenden Theiles der Wurzel, ein anderes dem mit dem Rebstocke im Zusammenhange stehenden Stumpfe der Wurzel aufgesetzt, so zeigt sich stets eine sehr bedeutende Differenz des Quecksilberstandes in beiden Röhren zu Ungunsten derjenigen, die an dem mit dem Stamme zusammenhängendem Stumpfe der Wurzel sitzt. Die Differenz steigt rasch mit dem Vorrücken der Jahreszeit. Anfang Juni 150 bis 250, war sie Mitte Juni 400 bis 500, Ende Juni (wo zu allen Tageszeiten die mit dem Stamme in Verbindung stehende Röhre nur negativen Stand des Quecksilbers zeigte) 600 bis 700 Mm. Mit Sicherheit geht hieraus hervor, dass die treibende Kraft ihren Sitz in der Wurzel hat." — So viel ich diesen Versuch aus der kurzen Beschreibung beurtheilen kann, scheint er mir nicht beweisend zu sein, schon deshalb, weil derselbe zu einer Zeit ausgeführt wurde, als die Laubknospen schon ausgeschlagen und die Reben mit Blättern bedeckt waren; die überirdischen Theile der Pflanze transpirirten also sehr stark, und konnte freilich in denselben keine bedeutende Saftspannung zu Stande kommen. —

Die herrschende Ansicht, dass die Stammorgane keine Druckkräfte enthalten, ist wohl ziemlich ausschliesslich aus den Versuchen mit der Weinpflanze gefolgert worden. Aus diesen Versuchen ist gewiss zu ersehen, dass die Wurzelkraft bei dieser Pflanze die hauptsächlich wirkende Kraft ist, aber dass der Stamm nur als ein Organ, durch welche der Saft getrieben wird, zu betrachten sei, ist nicht erwiesen. Wnn wir die Resultate der entsprechenden Versuche vergleichen, so ergiebt sich, dass die Differenz in der Steighöhe des Quecksilbers in den Manometern, welche auf verschiedener Höhe der-

---

[1]) W. Hofmeister, Flora 1858, S. 4.

selben Pflanze aufgesetzt waren, nicht so übereinstimmend derjenigen Differenz entspricht, welche vorausgesetzt werden muss, wenn der Stamm nur als ein Leitungsorgan betrachtet wird. Hofmeister sagt selbst:[1]) „Nicht selten stimmt die Differenz der Quecksilberstände zweier der nämlichen Rebe in verschiedener Höhe angepasster Manometer in überraschender Schärfe überein mit der Druckhöhe einer Säule von Rebsaft von der Höhe der vertikalen Distanz der Anpassungspunkte beider Röhren. Ungleich häufiger aber findet sich die wirkliche Differenz des Quecksilberstandes kleiner, wenn der Druck in der Rebe überhaupt im Steigen, oder grösser, wenn er im Sinken ist". Es ist freilich auch gar nicht zu erwarten, dass diese Differenzen in den Versuchen so haarscharf übereinstimmen, wenn wir berücksichtigen wie viele Nebenumstände auf das Steigen des Saftes ihren Einfluss üben, wie die Temperaturänderung, die Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit, der hydrostatische Druck des Saftes, die mehr oder weniger bedeutende Wegsamkeit des Holzes für den Durchgang des Saftes, die Transpiration der oberirdischen Theile der Pflanze etc. Aber eben deshalb kann zugegeben werden, dass wenn bei der Weinpflanze die Druckkraft in den Stammtheilen als eine verhältnissmässig schwache im Vergleiche mit derjenigen der Wurzel vorausgesetzt wird, selbige in den Ergebnissen der Versuche, wie sie bis jetzt angestellt wurden, unbemerkt bleiben kann, nicht deutlich zur Erscheinung tritt, durch die verschiedenen Nebenumstände maskirt wird. Die cultivirte Weinpflanze, wenn die Versuche mit alten Stöcken, welche oft beschnitten werden, ausgeführt sind, scheint mir in Betreff der zu entscheidenden Frage nicht besonders geeignet zu sein, denn die unterirdischen Wurzel- und Stammtheile sind viel stärker entwickelt als die oberirdischen Theile. Uebrigens ergeben dennoch einige Beobachtungen, wie noch weiter unten bemerkt werden soll, dass auch bei dieser Pflanze, wenn auch in einem verhältnissmässig schwachem Grade, wahrscheinlich Druckkräfte in den Stämmen vorhanden sind. Wenn übrigens in diesen Theilen der Weinpflanze auch gar keine Druckkräfte nachzuweisen wären, so ist dieses noch immer kein Beweis, dass solche bei anderen Pflanzen in den Stämmen nicht vorhanden sind. Es könnten sich ja sogar Pflanzen vorfinden, welche

[1]) W. Hofmeister, Flora 1858, S. 4.

im Gegentheil grössere Druckkräfte in den Stammorganen enthielten, als in den Wurzeln, wenn etwa die ersteren stärker entwickelt wären oder grössere Mengen der Reservestoffe enthielten, als die letzteren.

Gehen wir zur Betrachtung ähnlicher Erscheinungen bei anderen Pflanzen über, und zwar zuerst zu denjenigen bei der Birke. Ich will folgende Beobachtungen von F. Unger anführen.[1]) An einem Birkenbaume in der Entfernung von ungefähr 3 Klafter über einander wurden zwei Bohrlöcher gemacht. „Im Allgemeinen tritt bei den Baumpflanzen unseres Klima's die Saftfülle und der aus den Wunden erfolgende Ausfluss des Saftes schon lange vor dem Anschwellen der Knospen ein. Die Saftfülle nimmt unstreitig eine Zeit lang allmählich zu, vermindert sich aber viel schneller als sie zugenommen hat und verschwindet mit dem Aufbruche der Knospen ganz und gar und kehrt im Verlaufe der Vegetationszeit in keiner Weise wieder zurück. An der Birke, welche wegen der Grösse und Dauer der Saftfülle für die Beobachtung als ein besonders geeigneter Gegenstand gelten kann, verhielt sich die Sache folgendermassen. Reducirt man die in verschiedenen Zeiträumen erfolgten Ausflussmengen auf ein gemeinsames Zeitmaass, z. B. auf eine Minute, so fand ich:

am 31. März aus dem Bohrloche fliessen 12 Tropfen,

- 9. April	oben 12 unten 60, später 40 Tropfen	
- 10. -	oben 12 unten 60, später 40 Tropfen	
- 12. -	oben 75 unten 25	Die Blattspitzen traten bereits aus den Deckschuppen hervor.
- 14. -	oben 0 unten 20 Tropfen	Die ersten Blätter entfaltet.
- 16. -	oben 0 unten 20 Tropfen	Die Belaubung fortgeschritten, jedoch nicht beendet.
	oben 0 unten 0 Tropfen	Die Belaubung beendet.

Bei der durch den Schnitt verletzten Rebe ist der ganze Saftenguss, das sogenannte Thränen oder Bluten, längst vorher beendet, ehe die Knospen sich entfalten. Merkwürdig aber schien mir der Umstand, dass nachdem an einer und derselben Rebe die unteren

[1]) F. Unger, Sitzungsberichte d. Akad. d. Wiss., Wien, 1857 Juli. Band XXV, Heft II, Sect. 443, 446 und 447.

Schnittflächen nach erfolgtem Thränen wieder trocken geworden sind, die Schnittflächen der oberen Aeste erst zu Thränen anfingen, was gewissermaassen mit dem am 12. April an der Birke beobachteten Safterguss im Einklang steht, indem auch hier gegen die Regel aus der oberen Wunde mehr Saft, als aus der unteren in gleichem Zeitraume ausfloss".

Diese höchst interessanten Beobachtnngen können von meinem Standpunkte aus auf folgende Weise aufgefasst werden. Im Anfange des Blutens hatte die Druckkraft der unteren Baumtheile den Process verursacht, später als dieselbe sich in die oberen Stammtheile verpflanzte, tröpfelte aus der oberen Wunde am 12. April viel mehr Flüssigkeit hervor als aus der unteren; vielleicht geschah Aehnliches auch am 11. und 13. April, aber an diesen Tagen sind keine Beobachtungen gemacht worden. Nachdem aber die Knospen allmählich zur Entwicklung gelangten, musste freilich das in den oberen Baumtheilen angesammelte Wasser rasch verdampft werden, und zwar in der Richtung von oben nach unten; je mehr also die Entfaltung der Blätter vorwärts schritt, versiegte auch der Tropfenfall. Aus der citirten Bemerkung von Unger sieht man, dass er einen ähnlichen Verlauf des Thänens auch bei der Weinrebe beobachtet hatte; er betrachtete solche Erscheinungen als der Regel widersprechende, ob selbige aber nicht regelmässsig eintreten, müssen noch fernere Beobachtungen entscheiden. Einige Resultate der Versuche von W. Hofmeister können auch auf dieselbe Weise aufgefasst werden, dass also der Saftdruck sich in die oberen Stammtheile verpflanzt, wie z. B. die Versuche XXVIII und XXIX der Tab. 3;[1]) bei der ersten Rebe ist der Manometer 2106, bei der letzten 163 mm. über dem Boden aufgesetzt, dennoch sehen wir bei der ersten während der Zeit vom 25. bis zum 27. Mai das Quecksilber bedeutend höher stehen als bei der letzten etc.

Das Ansammeln des Saftes zur Frühlingszeit in der Birke bis in die oberen Theile des Baumes und das Bluten derselben kann wohl schwerlich durch den Wurzeldruck allein verursacht werden; aber noch weniger kann das Bluten durch den Temperaturwechsel im Baume hervorgebracht werden, denn erstens dauert dieser Process

[1]) W. Hofmeister, Flora 1862.

so viel ich weiss, längere Zeit Tag und Nacht fort, und zweitens ist auch die Menge des ausfliessenden Saftes sehr bedeutend.

Das bekannte massenhafte Ausfliessen des Saftes bei den tropischen Gewächsen, den Agaven und Palmen, wenn deren Kronen ausgeschnitten werden, kann auch nur entweder durch die Wurzelkraft allein, oder wahrscheinlicher durch das Zusammenwirken der Druckkräfte der Wurzeln und besonders der Stämme verursacht werden. —

Berücksichtigen wir noch einige Erscheinungen des Thränens, und zwar besonders die interessanten Beobachtungen von Th. Hartig; derselbe schreibt:[1]) „Das reichlichste Thränen der Holzpflanzen habe ich beobachtet bei der Hainbuche, Schwarzpappel, Eiche, Hartriegel, Weissdorn, Rose, Wildapfel, weniger reichlich am Pfaffenhütchen, Schlehdorn, Esche, Ahorn, Linde, Hasselnuss, Birke. Das Thränen der Hainbuche begann in diesem Frühjahre am 27. März, hatte aber seit dem 22. Februar, also über einen Monat geblutet; das Thränen hörte auf am 13. April. Während dieses 20tägigen Zeitraums fand das Thränen täglich statt, unabhängig von der Witterung, bei klarem und bei bedecktem Himmel, bei bewegter und bei ruhiger Luft. An einem windstillen, sonnigen Tage fing die Ausscheidung des Saftes vor Untergang der Sonne und im Sonnenscheine um 5 Uhr Nachmittags an, indem kleine kugliche Tröpfchen eines wasserklaren Saftes zwischen einzelnen Knospenschuppen langsam hervorquollen. Seltener sieht man solche Tröpfelchen auch auf den Blattnarben des vorhergegangenen Jahres. Eine reichlichere Ausscheidung und ein Zusammenfliessen der vereinzelten Tröpfchen zu grossen Safttropfen tritt jedoch erst in der Dämmerung ein. Der reichlichste Erguss findet in der Nachtzeit statt, setzt sich aber auch noch ungefähr eine Stunde nach Sonnenaufgang fort, veringert sich dann rasch und hört in den Vormittagsstunden zwischen 10 und 11 Uhr gänzlich auf. Die Zeitdauer der Tropfensammlung an Zweigen verschiedener Bäume, von denen die Tropfen zu verschiedenen Zeiten abgeschüttelt werden, gab den Maassstab zu den obigen Angaben. Wie ich im Jahrgang, 1861 S. 17 d. Ztg. nachgewiesen habe, blutet die Hainbuche von 9 Uhr Abends bis zur Mittagsstunde des folgenden Tages".

[1]) Th. Hartig, Bot. Ztg. 1862, S. 85.

Ein ähnliches periodisch auftretendes Thränen habe ich vor drei Jahren an einem belaubten Weidenbaume beobachtet, welcher ungefähr 5 Klafter hoch war und dicht am Ufer eines Teiches stand; im Frühsommer, mehrere Abende hindurch, nach Sonnenuntergang beobachtete ich einen reichlichen Tropfenfall von den Blättern, während der Tageszeit hingegen habe ich an diesem Baume keine Saftausscheidung bemerkt. — Das Thränen der Bäume hat unverkenntlich viel Aehnliches mit dem Bluten der Birke und des Weinstocks, entsteht wahrscheinlich eben so durch Ueberfüllung des Baumes mit Saft, welcher bei gewissen günstigen Verhältnissen austritt. Solche Erscheinungen lassen sich bei dem gegenwärtigen Stande des Wissens kaum anders erklären als durch die Thätigkeit der Wurzel, aber dabei muss zugleich angenommen werden, dass der Wurzeldruck auch hinreiche den Saft bis in die Spitzen der Bäume und aus denselben hinaus zu pressen. Freilich kann eine derartige Vermuthung behauptet werden, aber wahrscheinlich ist dieselbe nicht; im Gegentheil würden sich die angeführten und viele ähnliche Beobachtungen leichter und ungezwungener erklären lassen, wenn durch Experimente nachgewiesen werden könnte, dass die Stammorgane, eben so wie die Wurzeln, Druckkräfte enthalten. Dass derartige Erscheinungen des Thränens, wie sie Th. Hartig beschreibt, nicht durch die Ausdehnung der Luftblasen bei einer Steigerung der Temperatur in den Bäumen verursacht werden können folgt unbedingt aus dem Umstande, dass das Thränen der Bäume am Abend, also wenn die Wärme der Luft im Sinken begriffen war, seinen Anfang nahm, die Nacht über dauerte und am Morgen, als die Temperatur wieder stieg, sistirt wurde. —

Es mögen noch die bekannten Erscheinungen der Saftausscheidung der Pilze, der Marschantien, der Blüthe von Fritillaria, der Becher von Nepenthes erwähnt werden, so auch eine Beobachtung von J. Sachs, nach welcher ein Stengelorgan, wenn auch nur tropfenweise, den Saft ausgeschieden hatte:[1]) „Es kommt jedoch auch vor, dass an Querschnitten des Gewebes Wassertropfen ausgeschieden werden, während ein anderer Querschnitt des Organs das Wasser aufsaugt, so fand ich es z. B. bei jungen Halmstücken verschiedener

---

[1]) J. Sachs, Lehrbuch der Botanik. 4. Auflage, Seite 659 und f.

Gräser, die 6—10 Ctm. lang und unten abgeschnitten mit dem unteren Ende im feuchten Sand steckten; das vordere freie Ende schied dann im dampfgesättigten finsteren Raume wiederholt und dauernd Wassertropfen aus. Hier wirkten offenbar die Parenchymzellen des unteren Schnittes wie Wurzelrindenzellen endosmotisch aufsaugend, und wahrscheinlich pressten sie das eingesogene Wasser in die Gefässe, aus denen es dann aus den Schnittflächen austrat".

Alle Erscheinungen des Blutens und Thränens werden sich, denke ich, leicht erklären lassen, wenn durch Experimente bestimmt nachgewiesen werden kann, dass die Stamm- und Stengelorgane eine ähnliche Druckkraft besitzen, wie die Wurzeln. Dass die Stammorgane die entsprechenden Bedingungen der Diasmose enthalten ist gewiss, denn bestimmte Gewebe derselben sind reich an Reservestoffen. Man braucht übrigens dabei nicht anzunehmen, dass der Saft diasmotisch von Zelle zu Zelle wandert, um zuletzt aus den oberen Theilen der Pflanze ausgeschieden zu werden, obgleich ein Austausch der Säfte unter den Zellen gewiss vor sich geht. Wahrscheinlicher ist die Annahme, dass der Hauptstrom des Bodenwassers innerhalb der Zellenwände hinaufsteigt; dadurch wird den Reservestoffe haltenden Zellen der Stämme und Stengel die Möglichkeit geboten nicht nur ihren Wasserbedarf zu decken, sondern auch ihren Saft exosmotisch in die Leerzellen des Holzes zu pressen und aus der Pflanze ausfliessen zu lassen. — Ausser den diasmotischen Processen hatte W. Hofmeister bekanntlich noch die Gewebespannung in der Wurzel als eine wesentliche Ursache des Saftauftriebes angenommen; J. Sachs äusserte sich in der Hinsicht auf folgende Weise[2]): „ich gestehe, dass es mir nicht gelingt, aus der Spannung, welche zwischen Parenchym einerseits und der Epidermis und den Gefässbündeln andererseits besteht, die von Hofmeister angegebene Wirkung hervorzuleiten". Einige von meinen Versuchen sprechen auch nicht dafür, dass die Gewebespannung ergiebig bei dem Auftriebe des Saftes mitwirken sollte. Wie dem übrigens auch sei, wenn dieser Factor dem bezeichneten Process wirklich mehr oder weniger zu Grunde liegen sollte, was nur durch bestimmt darauf gerichtete Versuche entschieden werden kann, so sind in den Stamm- und Stengelorganen doch eben

---

[1]) J. Sachs, Handbuch der Experiment-Physiologie 1865, Seite 207.

so wie in den Wurzeln die Bedingungen dazu geboten; die Stämme und Stengel enthalten ebenfalls activ und passiv gespannte Gewebe und Gewebeschichten, könnten also auf dieselbe Weise ihre Thätigkeit entfalten, wenn dadurch ein Saftauftrieb bewerkstelligt werden kann. Nach allen obigen einleitenden Betrachtungen gehe ich zur Beschreibung meiner Versuche über, welche in der Absicht vorgenommen waren — meine Vermuthung, dass die Stammtheile der Pflanzen Druckkräfte enthalten — entweder zu bestätigen oder als grundlos zu erweisen. Das auf dem Wege der Versuchsweise, wie selbige bis jetzt ausgeführt wurde, also durch Vergleiche der Quecksilberstände in den Manometern, welche auf den Stämmen in verschiedener Höhe angebracht wurden, keine entscheidenden Resultate erzielt werden konnten, hielt ich für gewiss, desshalb arbeitete ich nur mit abgeschnittenen belaubten oder unbelaubten Stammtheilen. Wenn es gelingen sollte einen Auftrieb des Saftes durch die Stammtheile wenn auch im viel schwächeren Maasse, als die Beobachtungen für die Wurzelthätigkeit nachgewiesen haben, zu erreichen; so würde ich meine Aufgabe als gelöst erachten. Die Druckkraft in den Stammtheilen brauchte gar nicht so bedeutend zu sein, wie diejenige der Wurzeln, um bedeutende Effecte hervorzubringen, denn sie wäre ja nicht angewiesen, besonders in den Zweigen und kleineren Verzweigungen, so hohe Saftsäulen zu halten und zu heben, als für die Wurzelkraft angenommen werden muss, wenn der Saft etwa aus den Spitzen der Bäume zum Ausflusse gebracht werden soll.

Meine Versuche und die Ergebnisse und Schlussfolgerungen werden in den sieben folgenden Abschnitten behandelt: I. Versuche mit belaubten Zweigen. II. Vergleichende Versuche mit verschiedenartig beschnittenen Zweigen. III. Versuche mit Aststücken. IV. Versuche mit Knospenzweigen. V. Vergleichende Versuche für Stamm- und Wurzeldruck. VI. Versuche in Betreff der Saftschwankungen. VII. Hauptergebnisse und Schlussfolgerungen. Die Versuche 1 bis 12 sind im Jahre 1875, alle übrigen im Jahre 1876 ausgeführt. Die Zeit der Versuche ist nach dem in Russland gebräuchlichen alten Stiele der Zeitrechnung datirt.

I.

Ich habe meine Versuche in den ersten Tagen des April 1875 vorgenommen, und zwar den Anfang mit cylindrischen Zweigstücken, welche von verschiedenen Baumarten geschnitten wurden, gemacht. Der leitende Gedanke dabei bestand darin, dass ich meine Versuche an die bekannten Experimente von W. Hofmeister mit entfernt nachgeahmten künstlichen Zellen anschliessen wollte. Bekanntlich gebrauchte derselbe mehrere Glascylinder, welche übereinander gestellt, durch schwedisches Papier getrennt und mit solchen Stoffen mehr oder weniger gefüllt waren, welche die Diasmose einleiten konnten; das untere Ende der künstlichen Zellensäule wurde in Wasser gestellt, und am oberen Ende ein Manometer angebracht; es erwies sich nun, das diasmotische Processe auch wirklich eintraten und die exosmotisch ausgepresste Flüssigkeit das Quecksilber in dem Manometer zum Steigen brachte. Meine zu den Versuchen gebrauchten Zweig- oder Aststücke bestanden also aus einer ausserordentlich grossen Zahl von lebenden Zellen, von denen wieder sehr viele diasmotisch wirkende Reservestoffe enthielten; die äusseren Schichten der Aeststücke bestanden aus Korkzellen, welche also mehr oder weniger den Glaswänden der künstlichen Zellen entsprechen, das untere Ende wurde auf verschiedene Weise mit schwedischem Papier, Schweinsblase, Collodiumplatten etc. überdeckt, das obere mit eine Steigröhre versehen. Ich erwartete, dass bei einer Einstellung des unteren Endes der Aststücke in das Wasser, aus dem oberen nach einiger Zeit mehr oder weniger Saft in die Steigröhre eintreten wird. Später habe ich auch derartige Resultate erhalten, wie im dritten Abschnitte dieser Schrift angegeben wird, aber erst nach Jahresfrist und nach vielfältig angestellten vergeblichen Versuchen, welche aufänglich durch aus nicht gelingen wollten. Bei diesen Versuchen ergab sich sogleich, wie bedeutend die Wegsamkeit der Gefässse bei den verschiedensten Holzarten ist; wenn man auf den oberen Abschnitt eines ungefähr sechs Zoll langen Aststücks mehrere Tropfen Wasser aufträgt, so fliesst dieses Wasser in ganz kurzer Zeit durch die Gefässe hindurch und sammelt sich am unteren Ende; kehrt man nun das untere Ende nach oben, so fliesst das Wasser wieder auf dieselbe Weise durch. Weil ich keine andere Ursache des Misslingens meiner Ver-

suche wusste, glaubte ich, dass der Hauptfehler oder die Hauptschwierigkeit bei deren Aufstellungen in dem Verschlusse des unteren Endes der Aststücke, welches also das Wasser aufzunehmen hatte, bestand; dieses Ende musste auf die Weise abgeschlossen werden, dass das Wasser eintreten, aber der Saft nicht wieder hinausfliessen könne. Freilich sollte man denken, dass diesen Bedingungen die Membranen von verschiedener Dicke, welche für diasmotische Versuche gebraucht werden, entsprechen müssten, aber dennoch erhielt ich nur negative Resultate. Nachdem ich nun mehr als einen Monat lang auf die angegebene Weise ohne Erfolg experimentirt hatte, suchte ich meine Versuche so zu stellen, dass das untere Ende der Pflanzentheile, welches also das Wasser aufzusaugen hatte, nicht abgeschnitten werde, um die Gefässe des Holzes nicht zu öffnen; die zur Wasseraufnahme bestimmte Oberfläche der Pflanzentheile möge langsam aufsaugen, aber der Saft sollte nicht wieder ausfliessen können. Ich hielt dafür, dass die Zweigspitzen den angegebenen Bedingungen am besten ensprechen würden, welche ausserdem noch über dem Holzkörper Meristem- und Urmeristemgewebe enthalten, wie auch die Wurzelspitzen; also könnten diese Gewebe möglicherweise auch noch saftdrückend wirken. Zu dem Zwecke könnten Winterzweige mit ihren Winterknospen gebraucht werden, in der Voraussetzung, dass das zarte innere Gewebe der Knospen das Wasser aufsaugen und den anderen Geweben überreichen wird. Aber die Jahreszeit war schon soweit vorgeschritten, dass alle Winterknospen in junge Zweige und Blätter ausgewachsen waren, also blieb mir nichts weiter übrig, als ähnliche Versuche mit belaubten Zweigen anzustellen. Ich muss gestehen, dass ich eigentlich gar keine Lust dazu hatte, weil ich mir keinen Erfolg dabei versprach, denn die allgemeine Annahme in unserer Wissenschaft, dass die Blätter kein Wasser aufsaugen, widersprach der Möglichkeit eines Gelingens, dennoch galt es nur einige Versuche, welche ich auch nicht unterliess.

Versuche 1 und 2. Am 18. Mai 1875 um 1 Uhr Nachmittags wurden zugleich zwei Zweige genommen, ein Lindenzweig (No. 1) und ein Birkenzweig (No. 2). Der Lindenzweig hatte 105 Blätter von verschiedener Grösse, da die jüngeren noch nicht vollständig ausgewachsen waren; der Zweigabschnitt war 9½ Mm. dick im Durchmesser; an denselben wurde eine Glasröhre angepasst; der

ganze obere Theil des Zweiges unter Wasser gebracht, so dass nur das dicke untere Ende mit der Steigröhre über dem Niveau blieb. Ebenso wurde mit dem Birkenzweige verfahren, welcher ebenso dick im Abschnitte war wie der Lindenzweig, aber 159 Blätter trug. Am folgenden Tage um 8 Uhr Morgens besah ich meine Versuchszweige, aber wie gross war meine Ueberraschung, als ich in der Steigröhre der Birke schon 6½ Mm. Saft vorfand, diejenige der Linde war noch leer, aber ein grosser Tropfen bedeckte die Centralpartie des Holzabschnittes ungefähr den innersten ältesten Jahresring. Darauf sammelte sich der Saft ziemlich rasch in beiden Röhren, so dass um 3 Uhr Nachmittags, als ich nach Hause kam, beide Steigröhren, welche zu 22 Mm. Länge betrugen, angefüllt waren. Beide Steigröhren wurden abgenommen und andere längere angepasst; am folgenden Morgen (20. Mai) um 8 Uhr war bei der Linde der Saft auf 57 Mm., um 2 Uhr Nachmittags auf 67 Mm. gestiegen, darauf noch um 3 Mm., also auf 70 Mm.; später sank derselbe allmählig, so dass den 21 Mai um 9 Uhr Morgens die Höhe desselben in der Steigröhre 63 Mm. betrug. Bei der Birke war die Steigröhre am 20. Mai 8 Uhr Morgens 90 Mm., um 2 Uhr Nachmittags 115 Mm., dabei die Steigröhre angefüllt; mit derselben wurde eine zweite mittels eines Kautschuckschlauches verbunden, darauf stieg der Saft noch, so dass am 21. Mai um 9 Uhr Morgens derselbe die Höhe von 158 Mm., um 7 Uhr Abends 170 Mm. erreichte; am 22 Mai um 3 Uhr Morgens war der Saft um 6 Mm. gesunken. Am 21. Mai wurde der Lindenzweig aus dem Wasser gehoben, der Saft aus der Steigröhre entfernt, alle 21 grünen Frühlingstriebe, welche alle Blätter trugen, abgeschnitten und wieder auf dieselbe Weise unter das Wasser gebracht; der Birkenzweig wurde am 22. Mai herausgenommen und von demselben alle Blätter mit einer Scheere ungefähr auf der halben Länge der Stiele abgeschnitten, das Wasser aus der Steigröhre ebenfalls ausgegossen und der Zweig wieder in das Wasser gesetzt. Beide Zweige blieben in der Lage bis zum 28. Mai, aber kein Saft sammelte sich wieder in den Steigröhren.

Diese zwei sehr einfachen Versuche halte ich für bedeutungsvoll, denn sie entscheiden zwei wichtige Fragen der Pflanzenphysiologie. Erstens ist wohl durch dieselben unbedingt erwiesen, dass die Pflanzen durch die Blätter tropfbar flüssiges Wasser aufnehmen können, und

zwar lassen letztere selbiges ziemlich leicht und in bedeutenden Quantitäten durch. Zweitens ist auch unzweifelhaft, dass die oberirdischen Pflanzentheile bei günstigen Verhältnissen ihren Saft in die Lehrzellen des Holzes ausscheiden und mit ziemlicher Kraft und verhältnssmässig in kurzer Frist in die Steigrohren hinauftreiben können, also dass dieselben Druckkräfte enthalten. Es bleibt noch zu zeigen übrig, dass diese Funktionen nicht nur den beiden angegebenen Baumarten, sondern mehr oder weniger den Pflanzen überhaupt eigenthümlich sind; ich werde deshalb noch einige ähnliche Versuche mit anderen Pflanzenarten anführen. —

Versuch 3. Pinus sylvestris. Von einem alten Baume wurde ein Zweigende am 8. Juni um 2 Uhr Nachmittags abgeschnitten und in einer Botanisirkapsel bis zum folgenden Tage gehalten; den 9. Juni um 5 Uhr Nachmittags der obere Theil desselben, 400 Mm. lang mit 7 Verzweigungen, abgeschnitten und unter Wasser gebracht; der Abschnitt 7 Mm. im Durchmesser mit einer Steigröhre mittels eines Kautschuckschlauches verbunden. Am 10. Juni erschien auf dem centralen Theile der Schnittfläche ein Tropfen harziger Flüssigkeit, welcher den 11. Juni auch verblieb, am 12. Juni sammelt sich schon Saft in der Steigröhre, am

13.	Juni	8 a. m.	—	50	Mm. Saft
13.	-	1 p. m.	—	69	- -
13.	-	11 p. m.	—	85,5	- -
14.	-	8 a. m.	—	98	- -
14.	-	12 n.	—	107	- -
15.	-	9 a. m.	—	98	- -

Das Sinken des Saftes am 15. Juni trat ein, weil das Wasserniveau im Reservoir in Folge der Verdunstung sank und ein Theil der Blätter über den Wasserspiegel gerieth; es wurde Wasser zugegossen.

15.	Juni	11 p. m.	—	102,5	Mm. Saft
16.	-	10 a. m.	—	102,5	- -
17.	-	6 p. m.	—	113,5	- -
18.	-	12 d.	—	116	- -
21.	-	5 p. m.	—	141,5	- -
22.	-	5 p. m.	—	158	- -
23.	-	6 p. m.	—	176	- -

24.	Juni	7 p. m.	— 193	Mm.	Saft
25.	-	5 p. m.	— 200	-	-
26.	-	5 p. m.	— 201,5	-	-
27.	-	7 p. m.	— 214,5	-	-
28.	-	6 p. m.	— 220,5	-	-
30.	-	10 a. m.	— 227	-	-
30.	-	11 p. m.	— 230	-	-
1.	Juli	6 p. m.	— 233	-	-
2.	-	9 p. m.	— 234,5	-	-

Darauf sank allmählig der Saft in der Steigröhre. Dieser Versuch ist speciell in der Hinsicht interessant, da er nachweist, dass auch eine Conifere Druckkräfte enthält, obgleich wir hier mit einem Stammzweige und nicht mit einer Wurzel zu thun haben. —

Versuch 4. Quercus Robur. Ein Zweig, dessen Abschnitt und der innere Durchmesser der Steigröhre zu 5 Mm. betrugen; aufgestellt den 11. Juni um 12 Uhr am Tage.

13.	Juni	8 a. m.	— 15,5	Mm.	Saft
13.	-	1 p. m.	— 50,5	-	-
14.	-	8 a. m.	— 76,5	-	-
14.	-	12 n.	— 83	-	-
15.	-	9 a. m.	— 83	-	-
15.	-	11 p. m.	— 76,5	-	-
16.	-	11 p. m.	— 76,5	-	-
17.	-	gesunken.			

Versuch 5. Prunus Cerasus. Der Abschnitt des Zweiges wie der innere Durchmesser der Steigröhre 5 Mm., die Mittelachse des Zweiges 215 Mm. lang; drei vorjährige Zweige von 112, 100 und 76 Mm. Länge; 7 Frühlingstriebe von 228, 215, 164, 63, 51, 25 und 13 Mm. Länge; Blätter: 133. Aufgestellt den 12. Juni um 1 Uhr Nachmittags.

13.	Juni	8 a. m.	— 16	Mm.	Saft
13.	-	1 p. m.	— 28,5	-	-
13.	-	11 p. m.	— 63	-	-
14.	-	8 a. m.	— 92	-	-
14.	-	5 p. m.	— 113,5	-	-
14.	-	12 n.	— 126	-	-
15.	-	9 a. m.	— 164	-	-

15. Juni 11 p. m. — 186 Mm. Saft
16. - 10 a. m. — 208 - -
17. - 8 a. m. — 217,5 - -
Später Sinken des Saftes.

Versuch 6. Pyrus communis. Ein Zweig von 120 Mm. Länge mit nur 23 Blättern und 4 kurzen Zweigen, welche aus verkürzten Internodien bestanden und zu 19 Mm. Länge betrugen; der Abschnitt des Zweiges 5 Mm. im Durchmesser, der innere Diameter der Steigröhre etwas grösser. Aufgestellt den 12. Juni um 1 Uhr Nachmittags.

13. Juni 1 p. m. — 0 Mm. Saft
13. - 3 p. m. — 13 - -
13. - 11 p. m. — 25 - -
14. - 8 a. m. — 32 - -
14. - 12 n. — 54 - -
15. u. 16. - 12 n. — 54 - -

Ebenfalls am 12. Juni wurde ein Zweig der Pyrus Malus aufgestellt, aber derselbe gab bis zum 15. Juni keinen Saft; bei näherer Untersuchung erwies sich, dass zwei kleine Zweige während der Aufstellung abgebrochen waren.

Versuch 7. Salix alba. Ein Zweig mit vielen langen ruthenförmigen Verzweigungen und vielen Blättern; der Diameter des Abschnittes wie der Steigröhre 5 Mm. Aufgestellt den 12. Juni um 1 Uhr Nachmittags.

13. Juni 1 p. m. — 13 Mm. Saft
13. - 11 p. m. — 31,5 - -
14. - 8 a. m. — 41 - -
14. - 12 n. — 41 - -
} Später der Saft gesunken.

II.

Die oben mitgetheilten Versuche erweisen, wie gesagt, dass die oberirdischen Pflanzentheile Druckkräfte enthalten und dass die Blattorgane wie auch wahrscheinlich die jungen noch grünen Frühlingstriebe das Wasser aufsaugen. Darauf entstehen aber sogleich einige Fragen, deren Beantwortung nicht ohne Bedeutung ist, und zwar zuerst: ob die Blätter dabei nur als Aufsaugungsorgane fungiren, oder

sie enthalten auch Druckkräfte, und im letzteren Falle — wie bedeutend diese ihre Leistungsfähigkeit ist. Wenn sich erweisen sollte, dass die Blätter keine oder nur verhältnissmässig schwache Druckkräfte aufweisen können, so müsste diese Funktion vollkommen oder hauptsächlich den Stämmen angehören, was aber auch durch Versuche nachzuweisen ist. Ferner kann noch die Frage aufgestellt werden, ob die jungen diesjährigen Frühlingstriebe, welche mehr oder weniger noch im Wachsthume begriffen sind, grössere Druckkräfte enthalten als die vorjährigen ein- und mehrjährigen Zweigbildungen, oder ist diesen letzteren eine grössere Thätigkeit in der Hinsicht beizumessen. Wenn ersteres sich erweisen sollte, so könnte man vielleicht die Vermuthung aufstellen, dass die Gewebespannungen der noch wachsenden Triebe dem Saftdrucke hauptsächlich zu Grunde liegen, obgleich ein wirkliches oder beträchtliches Wachsen derselben während der Zeit der Versuche, wobei selbige also im Wasser gehalten werden, schwerlich zu vermuthen ist. Wenn aber die grössere Druckkraft den vorjährigen Zweigbildungen anzuerkennen ist, so kann in diesem Falle wohl nicht mehr die Rede sein von Spannkräften der wachsenden Organe, und hätte man folglich anzunehmen, dass in den mehrjährigen Zweigen die diosmotischen Processe hauptsächlich oder ausschliesslich das Saftsteigen verursachen. — Freilich ist von vorn herein begreiflich, dass eine präcise quantitative Entscheidung dieser Fragen oder eine strenge Sonderung der Leistungsfähigkeiten der einzelnen Pflanzentheile schwer zu lösende Aufgaben sind, welche ich mir eigentlich nicht gestellt habe; dennoch hielt ich nicht für überflüssig einige den angegebenen Richtungen entsprechende vergleichende Versuche anzustellen.

Bei der Beschreibung der ersten zwei Versuche (No. 1 und 2) war angegeben, dass am 21. und 22. Mai bei der Linde alle Frühlingstriebe, bei der Birke alle Blätter abgeschnitten und die Zweige wieder in das Wasser versenkt wurden, wobei sich erwies, dass in beiden Fällen kein Saftsteigen erfolgte. Es wurden also solche Zweige dem Versuche unterworfen, in welchen der Process des Saftsteigens schon vor sich gegangen; und in einem Falle sollte sich erweisen — ob die Blätter, im anderen — ob die jungen Triebe die zu entbehrenden Organe sind. Zu derselben Zeit wurde noch der folgende Versuch mit einem frischen Zweige ausgeführt.

Versuch 8. Betula alba. Ein frischer Zweig, dessen alle 221 Blätter auf der Hälfte der Stiele abgeschnitten, wurde am 22. Mai um 12 Uhr am Tage, ähnlich den anderen Versuchen, unter Wasser gebracht. Den folgenden Tag war kein Saft in der Steigröhre; hierauf wurde in die Steigröhre 22 Mm. hoch Wasser eingegossen, welches am 24. vom Zweige eingesogen war, vom 25. bis zum 29. Mai blieb die Steigröhre leer. — Dieser Versuch, wie No. 2, würde dafür sprechen, dass entweder den Blättern die ganze Druckkraft angehört, und dem zu Folge solche Zweige, welchen diese Organe abgenommen werden, kein Saftsteigen mehr erfolgen lassen, oder, was wahrscheinlicher ist, dass die entlaubten Zweige zwar das Wasser durch die Schnittflächen aufnehmen, aber den Saft nicht halten können.

Versuch 9. Rumex crispus. Der obere Theil eines Fruchtstandes, welcher bekanntlich eine Menge Früchte trägt, aber keine Blätter hatte; die Oberfläche der Axenorgane wie der Früchte noch grün; die Schnittfläche hatte 5 Mm., die Steigröhre 6 Mm. im Durchmesser; aufgestellt am 12. Juni um 1 Uhr Nachmittags.

13. Juni	8 a. m.	— 12,5 Mm. Saft		Darauf erwies sich der Kautschuk-Verband als undicht, was nicht wieder gut in Ordnung zu bringen war, daher der Versuch abgebrochen.
13. -	1 p. m.	— 22	- -	
13. -	11 q. m.	— 50	- -	
14. -	8 a. m.	— 60	- -	

In diesem Falle hatten wir also mit einem unbelaubten Stengelorgane zu thun und haben eine Steighöhe des Saftes von 60 Mm. erhalten; als Saugorgane mussten entweder die Früchte, oder die Axentheile, oder beide zugleich gedient haben; den Saftauftrieb konnten auch nur diese Organe verursacht haben, da keine Blätter vorhanden waren. —

Versuch 10. Sorbus Aucuparia: *a* und *b*. Aufgestellt am 16. Juni um 1 Uhr am Tage.

a. Ein einjähriger Zweig von 107 Mm. Länge und 3 Mm. im Abschnitt; am oberen Ende ein Fruchtstand von 68 unreifen noch grünen Früchten; die 3 zusammengesetzten Blätter am Grunde abgeschnitten; der innere Durchmesser der Steigröhre 6 Mm.

b. Ein Fruchtstand von 70 Früchten, an welchem nur die Verzweigungen gelassen wurden, aber keine Vorjährige Stammbildung; die 2 Blätter des Fruchtstandes auch hier abgeschnitten.

a.

18. Juni	der Saft in der Steigröhre			
19. -	1 p. m.	—	25	Mm. Saft
21. -	5 p. m.	—	31,5	- -
22. -	5 p. m.	—	38	- -
23. -	6 p. m.	—	43	- -
24. -	7 p. m.	—	51	- -
25. -	5 p. m.	—	67	- -
26. -	5 p. m.	—	95	- -
27. -	6 p. m.	—	der Saft floss über den Rand der Steigröhre	
28. -	6 p. m.	—	120	Mm. Saft
30. -	10 a. m.	—	148	- -
30. -	11 p. m.	—	154	- -
1. Juli	6 p. m.	—	167	- -
2. -	9 p. m.	—	176	- -
3. -	9 a. m.	—	126	- -

b.

20. Juni	8 a. m.	—	etwas Saft in der Steigröhre	
21. -	5 p. m.	—	6	Mm. Saft

Ferner bis zum 3. Juli stieg der Saft nicht mehr.

Bei diesem Versuche wurde also, wie bei No. 9, das Wasser ebenfalls aufgenommen, und bei *a* in bedeutender Menge, obgleich keine Blätter vorhanden waren. Ferner scheint *b* nachzuweisen, dass die Früchte keine Druckkräfte enthalten, denn im Vergleiche mit *a* ist deren Zahl sogar etwas grösser, dennoch erwies sich ein ganz unbedeutendes Saftsteigen. Die Bedingungen in der Aufstellung bei *a* und *b* unterscheiden sich eigentlich nur darin, dass im ersten Falle 107 Mm. vorjähriger Zweigbildung gelassen wurden, welche im letzteren Falle fehlte; dabei sehen wir einen bedeutenden Unterschied in der Druckkraft, was dafür sprechen würde, dass eben diese vorjährige Zweigbildung bei dem Auftriebe des Saftes thätig gewesen ist. Ein diesem Schlusse entsprechendes Resultat ergiebt sich auch aus dem folgenden Versuche.

Versuch 11. Prunus Cerasus: *a* und *b*; von demselben Aste geschnitten; aufgestellt den 17. Juni; der innere Durchmesser der Steigröhren 5 Mm. *a*. Ein 390 Mm. langer unverzweigter ruthenförmiger vorjähriger Zweig von 3 Mm. Dicke, mit einem 76 Mm. langen Frühlingstriebe und 10 Blättern darauf, von welchen 2 abgeschnitten wurden.

b) Ein 10 Mm. langer vorjähriger Zweig von ebenfalls 3 Mm. Dicke, mit einem ebenfalls 76 Mm. langen Frühlingstriebe und 9 Blättern.

a.

21. Juni	5 p. m.	—	1,5 Mm. Saft
22. -	5 p. m.	—	22 - -
23. -	6 p. m.	—	34 - -
24. -	7 p. m.	—	41 - -
25.—28. -	7 p. m.	—	41 - -

b.

Vom 17. bis zum 28. Juni kein Saft in der Steigröhre.

Ich bemerke noch, dass bei *a* der grösste Theil des 390 Mm. langen Zweiges absichtlich vertical über dem Wasserspiegel gehalten wurde. Dieser Versuch spricht auch dafür, dass die Druckkraft in der vorjährigen Zweigbildung ihren Hauptsitz hat; die Frühlingstriebe erwiesen sich bei diesem Versuche scheinbar als unthätig.

Versuch 12. Sorbus Aucuparia: a, b, c, d. Aufgestellt den 28. Juni um 2 Uhr Nachmittags.

a. Ein 252 Mm. langer einjähriger Zweig mit 4 zusammengesetzten Blättern, welche 46 Blättchen trugen, und einem Fruchtstande von 62 Früchten.

b. Ein 227 Mm. langer einjähriger Zweig mit 4 Blättern, welche 47 Blättchen hatten, und einem Fruchtstande von 68 Früchten.

c. Ein 25 Mm. langer einjähriger Zweig mit 6 Blättern, welche 68 Blättchen hatten, und einem Fruchstande von 68 Früchten.

d. Ein 19 Mm. langer einjähriger Zweig mit 5 Blättern, welche 62 Blättchen trugen, und einem Fruchtstande von 75 Früchten.

	a. Mm. Saft	b. Mm. Saft	c. Mm. Saft	d. Mm. Saft
30. Juni 10 a. m.	17	13	9,5	wenig Saft
30. - 11 a. m.	33,5	28,5	41	44
1. Juli 6 p. m.	57,5	69,5	63	89
2. - 9 p. m.	86	120	118	138,5
3. - 10 p. m.	120	147,5	138	167
5. - 8 a. m.	148	**167**	144,5	**170,5**
6. - 9 a. m.	**157,5**	161	157,5	170,5
7. - 12 d.	157,5	155	**164**	164
8. - 2 p. m.	151,5	145	164	161

Bei diesem Versuche von *a* bis *d* wären also die Bedingungen in Betreff der Zahl der Blättchen und der Früchte ziemlich gleich, aber die Massen der einjährigen Zweigbildungen verschieden; man sollte also, den Versuchen 10 und 11 zu Folge, erwarten, dass die Steighöhen des Saftes in demselben Sinne ausfallen werden, aber wir sehen im Gegentheil eine ziemliche Uebereinstimmung in denselben, wenn man einige Millimeter Differenz unberüksichtigt lässt. Vergleichen wir aber die Ergebnisse dieses Versuches, hinsichtlich der Druckfähigkeit der Blätter, mit No. 10a., so erweist sich, dass bei dem zuletzt genannten 176 Mm. Steighöhe zu Stande kam, obgleich keine Blätter am Zweige vorhanden waren, in unserem letzten Versuche von *a* bis *d* ziemlich dieselbe, sogar eine etwas mindere Steighöhe erreicht wurde, wenngleich Blätter zugegen waren; man kann also wieder denselben Schluss folgern, dass die Druckkraft der Blätter unbedeutend ist.

Den obigen, im Jahre 1875 ausgeführten Versuchen, werden noch einige aus dem Jahre 1876 folgen.

Versuch 13. Vitis vinifera. Eine besonders in der Hinsicht interessante Pflanze, um nachzuweisen — ob die oberirdischen Pflanzentheile wenn auch zu schwachen Druckkräften fähig sind. Leider waren aber alle jungen Triebe und alle Blätter der Weinstöcke unserer Gegend, im Mai des Jahres 1876 durch bedeutende Fröste getödtet, so dass gewartet werden musste bis die Pflanzen neue Triebe und Blätter entfalteten; freilich haben die Pflanzen und besonders die Stämme dadurch viel mehr als gewöhnlich von ihren Reservestoffen verbrauchen müssen; auch war die Jahreszeit schon ziemlich vorgeschritten; in Folge dieser Ursachen wird die Druckkraft der Stämme bedeutend abgeschwächt worden sein. — Es wurden 4 Zweige *a*, *b*, *c*, *d* dem Versuche unterworfen, alle am 7. Juni um 2 Uhr Nachmittags aufgestellt.

a. Ein vorjähriger Zweig von 130 Mm. Länge und 5½ Mm. im Durchmesser, darauf 3 Sommertriebe von 350, 220 und 200 Mm. Länge; innerer Durchmesser der Steigröhre 5 Mm.

b. Ein vorjähriger Zweig von 80 Mm. Länge und 8½ Mm. Dicke, darauf 2 Sommertriebe von 500 und 370 Mm. Länge, Steigröhre von 6 Mm. inneren Durchmessers.

c. Ein vorjähriger Zweig von 120 Mm. Länge und 6 Mm. Dicke, darauf 2 Sommertriebe von 280 und 70 Mm. Länge.

d. Ein Sommertrieb von 600 Mm. Länge und $5\frac{1}{2}$ Mm. im Abschnitt, ohne vorjährige Zweigbildung; innerer Durchmesser der Steigröhre 5 Mm.

	a. Mm. Saft	b. Mm. Saft	c.	d. Mm. Saft
8. Juni 9 a. m.	18	der Saft aufgetreten	gar nicht getrieben	7,5
9. - 8 a. m.	27	7		12,5
9. - 8 p. m.	36	7		16,5
10. - $9\frac{1}{2}$ p. m.	43	7		17
11. - 10 a. m.	53	29		17,3
12. - 9 a. m.	58	33		19,5
13. - 10 a. m.	58	37,5		19,5
14. - 9 a. m.	58,5	38		23,5
15. - $7\frac{1}{2}$ p. m.	58	37		32,5
17. - 9 a. m.	56	35,5		36
				Vom 18—21 Juni 36 Mm.

Zu Ende des Versuches, als die Zweige aus dem Wasser genommen wurden, erwies sich, dass die jungen grünen Theile aufgeweicht waren, die Blätter fielen von den Zweigen ab.

Versuch 14. Quercus Robur: *a*, *b*, *c*. Aufgestellt am 24. Juni um 10 Uhr Vormittags; die Steigröhren bei allen von gleichem Durchmesser. Die Frühlingstriebe der Eiche waren durch Maifröste ebenfalls getödtet worden.

a. Ein einjähriger Zweig von 275 Mm. Länge und $7\frac{7}{10}$ Mm. im Abschnitt mit 3 Sommertrieben von 134, 135 und 300 Mm. Länge, an letzteren 31 Blätter.

b. Ein einjähriger Zweig von 13 Mm. Länge und 7 Mm. im Abschnitt mit 4 Sommertrieben von 14, 155, 275 und 360 Mm. Länge, an letzteren 49 Blätter.

c. Ein Sommertrieb von 516 Mm. Länge und $5\frac{7}{10}$ Mm. im Abschnitt mit 23 Blättern.

	a. Mm. Saft	b. Mm. Saft	c. Mm. Saft
26. Juni 9 a. m.	kein Saft	10	5
26. - 2 p. m.	- -	17,5	7,5
27. - 9 a. m.	12	46	21
27. - 7½ a. m.	20	56	26,8
28. - 8 a. m.	19,5	63	30,3
29. - 9 a. m.	20	Unter dem	unter Kautschuk
30. - 9½ a. m.	19,7	Kautschuk-	44,5
1. Juli 8 a. m.	21	verbande	49,5
2. - 9 a. m.	24,3	76	54
3. - 8 a. m.	25,5	77	54
4. - 9 a. m.	22	77	54

Ueber diese zwei letzten Nummern der Versuche bemerken wir, das beide Pflanzen Vitis und Quercus ziemlich schwache Druckkräfte entfaltet hatten. Bei Vitis *a* kommt noch die grössere Steighöhe vor, aber bei *b* und *d* derselben Pflanze tritt die Druckkraft der jungen Triebe schon verhältnissmässig bedeutend hervor, besonders bei *d*, wo fast dieselbe Steighöhe erreicht wird, wie bei b; warum der Zweig *c* gar keinen Saft getrieben, weiss ich nicht, vielleicht hatte derselbe offene Wunden, aus welchen der Saft herausfloss. — Bei Quercus kann *a* nur schwächere Steighöhen aufweisen als *b* und *c*; die Druckkraft der Sommertriebe ist hier also vorherrschend. Ich muss übrigens bemerken, dass sowohl bei Vitis als bei Quercus die Sommertriebe stark entwickelt waren, auch sind besonders kräftige zu den Versuchen gewählt worden. —

Aus den Versuchen 2 und 8 mit Birkenzweigen, wurde bei der Beschreibung der letzteren die Vermuthung ausgesprochen, dass vielleicht die entlaubten Zweige den Saft nicht halten können; da aber andere Versuche mit anderen Pflanzenarten dem widersprechende Ergebnisse lieferten, wie z. B. mit Sorbus Aucuparia, so wurden in derselben Richtung noch folgende Versuche unternommen.

Versuch 15. Prunus Cerasus: *a*, *b*, *c*, *d*, von deren Zweigen alle Blätter abgeschnitten wurden; aufgestellt den 20. Juni um 6 Uhr Abends. Der innere Durchmesser aller Steigröhren = 5 Mm. Das theilweise Abnehmen des Rindenringes bei *b* und des Periderms bei

c und *d* wurde in Folge früherer Versuche, welche im folgenden Abschnitt III angegeben werden, vorgenommen.

a. Ein zweijähriger Zweig von 280 Mm. Länge und 5 Mm. im Abschnitt mit einer 5 Mm. langen einjährigen Spitze und 8 Frühlingstrieben von 140, 9, 145, 206, 240, 170, 160 und 185 Mm. Länge; alle 96 Blätter abgeschnitten.

b. Ein zweijähriger Zweig von 220 Mm. Länge und 4½ Mm. im Abschnitt mit einem einjährigen Zweige von 234 Mm. Länge und 4 Frühlingstrieben von 304, 104, 240 und 130 Mm. Länge; alle 70 Blätter abgeschnitten. Unter der Schnittfläche wurde ein Rindenring von 8 Mm. Länge vom Holze abgenommen; der Kautschukschlauch der Steigröhre überspannte das entblöste Holz und den oberen Rand der heilen Rinde.

c. Ein zweijähriger Zweig von 255 Mm. Länge und 5 Mm. im Abschnitt mit 4 einjährigen Zweigen von 10, 51, 73 und 110 Mm. Länge und 5 Frühlingstrieben von 290, 155, 168, 260 und 190 Mm. Länge; alle 105 Blätter abgeschnitten. Unter der Schnittfläche das Periderm 102 Mm. lang vom grünen Rindengewebe glatt abgenommen; der Kautschukschlauch fasste 8 Mm. der grünen Rinde.

d. Ein zweijähriger Zweig von 200 Mm. Länge und 5,3 Mm. im Abschnitt mit 3 Frühlingstrieben von 120, 325 und 355 Mm. Länge; alle 56 Blätter abgeschnitten. Unter der Schnittfläche das Periderm 45 Mm. lang von der Rinde abgenommen. Der Zweig gehörte, wie mir schien, einer Varietät der Pr. Cerasus an.

	a.	b.	c. Mm. Saft	d. Mm. Saft
22. Juni 11 a. m.	Viele Luftblasen Schaum auf der Schnittfläche bildend.	Ein Tropfen Saft auf der Schnittfläche	4	3
23. - 6 p. m.	Saft- und Luftblasen	Saft- und Luftblasen	14	11
	Mm. Saft	Mm. Saft		
24. - 1 p. m.	8	10	21,3	16,4
25. - 9 a. m.	12	15,5	31	25
25. - 6 p. m.	15,5	19	37,4	30

	a. Mm. Saft	b. Mm. Saft	c. Mm. Saft	d. Mm. Saft
26. Juni 9 a. m.	19,5	22,5	43	34
26. - 2 p. m.	23,7	24	46	36,5
27. - 9 a. m.	27,5	29,7	57	Unter Kautschuk
27. - $7\frac{1}{2}$ p. m.	34	34	64	45
28. - 8 a. m.	40,8	Unter ein. Kautschuk-schlauche	72	49
29. - 9 a. m.	48		91	58
30. - $9\frac{1}{2}$ a. m.	53	47	106,5	70
30. - $5\frac{1}{2}$ p. m.	56	48,5	111,5	74
1. Juli 8 a. m.	58	53	120	79,5
2. - 9 a. m.	62	58	135	77
3. - 8 a. m.	66	Unter ein. Kautschuk-schlauche	142	70,5
4. - 9 a. m.	66		121,5	
5. - 6 p. m.	66		99	
6. - 8 a. m.		53		

Die Zweige *c* und *d*, von welchen das Periderm theilweise abgenommen war, haben um zwei Tage früher den Saft in die Steigröhren gebracht als *a* und *b*, auch weisen sie die gröseren Druckkräfte auf; von denselben trieb *c* fast doppelt so hoch als *d*, wahrscheinlich weil der letztere Zweig in allen Theilen kleiner war; *a* und *b* trieben den Saft schwächer und ziemlich gleichmässig. Welche Ursachen den Differenzen in den Steighöhen zu Grunde liegen kann ich nicht bestimmt angeben; aber unzweifelhaft folgt aus diesem Versuche, dass in allen vier Fällen der Saft hinaufgedrückt wurde, und bei *c* ziemlich hoch bis auf 142 Mm. obgleich alle Blätter von den Zweigen abgeschnitten waren. Dasselbe Resultat, wenn auch im schwächeren Maasse, ergiebt sich aus den zwei folgenden Versuchen.

Versuch 16. Betula alba. Ein Zweig von 640 Mm. Länge und $4\frac{1}{2}$ Mm. im Abschnitt; alle 82 Blätter abgeschniten. Aufgestellt den 3. Juni, aber erst am

20. Juni — 10,5 Mm. Saft in der Steigröhre
21. - — 13,5 - -
22. - — 16 - -

23. Juni	—	18,5 Mm.	Saft
24. -	—	10,5 -	-
25. -	—	22,5 -	-
26. -	—	25,5 -	-
29. -	—	26 -	-

Den 30. Juni trat das Sinken des Saftes ein.

Obgleich bei diesem Versuche nur ein schwaches Saftsteigen erfolgte, so widerspricht dieses dennoch den Ergebnissen der Versuche 2 und 8, was wohl dadurch zu erklären ist, dass diese letzteren früher abgebrochen wurden, als das Saftsteigen eintreten konnte. Die lange Zeitdauer bei unserem Versuche 16, ehe das Steigen eintraf, also vom 3. bis zum 20 Juni, wird wahrscheinlich dadurch zu erklären sein, dass das Gewebe der Blätterschnittflächen den Saft nur nothdürftig hielt, und das Auftreten desselben in der Steigröhre nur dann stattfinden konnte, als die Ausflussöffnungen der Schnittflächen durch Ansammlung von quellenden Stoffen wahrscheinlich verstopft wurden, auf die Weise, dass das Wasser durch die Zellenwände noch aufgenommen werden konnte, aber der Saft wenigstens nicht in derselben Menge aus den Gefässen hinausfloss. Dieselbe Erklärung wäre für den hierauf folgenden wie für alle ähnlichen Versuche annehmbar.

Versuch 17. Pinus sylvestris. Ein 290 Mm. langer Zweig mit 4 einjährigen und 8 Frühlingstrieben; im Abschnitt 6 Mm. und 4 Jahrringe; alle Blätter am Grunde abgeschnitten. Aufgestellt am 3. Juli um 2 Uhr Nachmittags.

8. Juli	10 a. m.	—	der Saft aufgetreten	
8. -	3½ p. m.	—	12,5 Mm.	Saft
9. -	9 a. m.	—	12,5 -	-
10. -	12 d.	—	22 -	-
13. -	9 a. m.	—	35 -	-
14. -	10½ a. m.	—	35,5 -	-

Darauf allmähliges Sinken des Saftes.

Zu allen obigen vergleichenden Versuchen füge ich noch hinzu, dass ein abgeschnittenes zusammengesetztes frisches Blatt der Acacia leptophylla, deren Stamm eine bedeutende Druckkraft aufgewiesen hatte, am 24. Mai dem Versuche unterworfen, bis zum 28. Mai sehr wenig Saft hinaufbrachte, welcher nur die Oberfläche der Schnittfläche bedeckte. Ein abgeschnittenes Blatt von Sorbus Aucuparia, welches

13 Blättchen trug, trieb vom 7. bis zum 11. Juli nur 2 Mm. Saft. In beiden Fällen ist also das Saftsteigen vor sich gegangen, aber die Druckkraft hatte sich als unbedeutend erwiesen. —

Vergleichen wir die Ergebnisse der mitgetheilten Versuche, so scheint mir zuerst die Folgerung, dass die Blätter nur schwache Druckkräfte enthalten, wahrscheinlich zu sein. Zwar muss zugegeben werden, dass die belaubten Zweige rascher und kräftiger den Saftauftrieb bewerkstelligen, aber dieses ist wohl dadurch zu erklären, dass die Blätter, vermöge ihrer Organisation, vielleicht durch ihre Spaltöffnungszellen, welche, wie die ganze Blattoberfläche, mit einer Cuticula überdeckt sind, das Wasser aufsaugen können, dabei den Ausfluss des Saftes, welcher gelöste organische Stoffe enthält, nicht gestatten oder bedeutend erschweren. Bei einigen Pflanzen, wie bei Sorbus Aucuparia scheint das Abschneiden der Blätter nicht besonders nachtheilig in der angegebenen Hinsicht zu wirken; bei Prunus Cerasus war der Saftauftrieb auch noch ziemlich bedeutend, obgleich die Blattstiele durchschnitten waren, im Gegentheil bei der Birke und der Kiefer erfolgte in dem Falle nur ein schwaches Saftsteigen. Wahrscheinlich ist bei verschiedenen Pflanzen, wieder vermöge ihres speciellen Baues, das Gewebe der Schnittflächen mehr oder weniger geeignet den Saft zu halten. Mögen nun die Blätter grössere oder mindere Druckkräfte enthalten, so erweisen doch unbedingt einige der angeführten Versuche, dass die Stammorgane diese Kräfte ebenfalls enthalten, und zwar nicht in unbedeutendem Maasse, wie z. B. aus dem Versuche 15 folgt. Wie aber diese Druckkräfte in den Stammorganen vertheilt sind, ist weniger ersichtlich; zwar ist wahrscheinlich, dass dieselben hauptsächlich den ein- und mehrjährigen Stammtheilen angehören, denn die Reservestoffe, welche die diasmotische Druckkraft verursachen, sind hier aufgespeichert; ferner werden die bedeutendsten Steighöhen bei denjenigen Zweigen beobachtet, welche vorjährige Zweigbildungen haben; zuletzt sprechen auch einige Versuche wie 10 und 11 dafür, dennoch ist nicht nachgewiesen, dass die von Frühlingstrieben und Blättern getrennten ein- und mehrjährigen Zweigbildungen Druckkräfte entfalten und in welchem Maasse selbige dazu fähig sind. Aber gerade dieses nachzuweisen hatte für meinen Zweck eine wesentliche Bedeutung, denn das Bluten und Thränen der Bäume geschieht eben grösstentheils im Frühjahre, wenn

dieselben also unausgeschlagene Knospen, aber weder Frühlingstriebe noch Blätter haben; deshalb wurden die hierauf folgenden Untersuchungen, welche eben diese Aufgabe aufzuklären hätten, besonders in Aussicht genommen. —

III.

Den folgenden Versuchen wurden grössten Theils mehrjährige Aststücke unterworfen, an welchen weder Blätter noch Knospen oder diesjährige Frühlingstriebe vorhanden waren; wir hätten hier also nur noch mit dem Holze und der Rinde der Aeste zu thun. Solche Aststücke enthalten sogar weniger günstige Bedingungen des Blutens, als diejenigen der blutenden Bäume, denn bei letzteren könnte man noch vermuthen, dass die Knospen frühzeitig ihre diosmotischen und Umsetzungsprocesse der Reservestoffe vor sich gehen lassen und, auf die Gewebe der Zweige und Aeste rückwirkend, auch hier den Process des Blutens einleiten. Auch sind an diesen Aststücken keine dem Wachsthum fähigen Organe oder Gewebe vorhanden, denn wahrscheinlich werden in dem Meristemgewebe derselben auch keine Zellvermehrungen vorkommen, da die Aststücke während der ganzen Dauer der Versuche unter Wasser gehalten werden. — Mit diesen Versuchen habe ich eigentlich meine Untersuchungen, wie oben bemerkt wurde, begonnen, aber lange Zeit nur negative Resultate erhalten; ich werde nicht alle die vielfältigen Behandlungsweisen, welchen die Aststücke unterworfen wurden, anführen, sondern nur diejenigen Aufstellungen beschreiben, bei welchen ein Saftsteigen erreicht wurde.

Versuch 18. Betula alba. Ein annähernd cylindrisches Aststück von 173 Mm. Länge, 12 Mm. im Durchmesser und 5 Jahrringen des Holzes; am unteren also etwa dickeren Ende wurde ein Rindenring 34 Mm. hinauf vom Holze abgenommen; über die untere Schnittfläche des Holzkörpers eine Kautschukplatte wasserdicht überbunden; von der übrigen Rinde bis zum oberen Ende des Aststückes, also (173—34) 139 Mm. lang, das Peridem von der grünen Rindenschicht, mit möglichster Schonung der letzteren, glatt abgenommen; am oberen Ende mittelst eines Kautschukschlauches eine Steigröhre aufgesetzt und darauf das Aststück so unter Wasser gebracht, dass

der untere Rand des Kautschukschlauches fortwährend unter dem Wasserspiegel blieb. Mit der angeführten Aufstellung hatte ich Folgendes in Aussicht: die untere Schnittfläche ist mit einer Kautschukplatte bedeckt, um das Ausfliessen des Saftes durch die Oeffnungen der Gefässe zu verhindern, wenn derselbe in die Steigröhre eintreten sollte; das Abnehmen des Rindenringes bezweckte die Wasseraufsaugung durch das entblösste Holz, wobei aber die Gefässe desselben nicht geöffnet werden, die Aufsaugung könnte nur endosmotisch durch die Zellwände des Holzes geschehen; das vollständige Untertauchen des Aststückes ist unbedingt nothwendig, um das Austrocknen desselben zu verhindern; welche Bedeutung zuletzt das Abschälen des Periderms von der Rinde hat, ist mir nicht klar, darüber werden übrigens weiter unten noch einige Bemerkungen folgen; vorläufig bemerke ich nur, dass durch die grüne Rinde wahrscheinlich kein Wasser oder nur unbedeutende Quantitäten desselben aufgenommen werden. Aufgestellt ist dieses Aststück, so viel ich weiss, im Anfange des April, eine bestimmte Angabe fehlt in meinen Notizen; den 10. April trat der Saft in der Steigröhre auf.

11.	April	12	n.	— 15	Mm.	Saft
12.	-	9	a. m.	— 20,25	-	-
12.	-	4	p. m.	— 24	-	
12.	-	12	n.	— 27	-	
13.	-	9	a. m.	— 30	-	-
14.	-	9	a. m.	— 36	-	-
15.	-	9	a. m.	— 38,5	-	-
16.	-	9	a. m.	— 41	-	-
17.	-	9	a. m.	— 42	-	-
18.	-	9	a. m.	— 42	-	-
19.	-	9	a. m.	— 43	-	-
20.	-	9	a. m.	— 44,5	-	-
21.	-	9½	a. m.	— 45,5	-	-
22.	-	9	a. m.	— 48	-	-
23.	-	9	a. m.	— 49	-	-
24.	-	9	a. m.	— 51	-	-
25.	-	9	a. m.	— 52	-	-
26.	-	9	a. m.	— 53	-	-
27.	-	10	a. m.	— 54	-	-

28.	April	10 a. m.	—	54,5 Mm.	Saft
29.	-	9 a. m.	—	55,5 -	-
30.	-	9 a. m.	—	55,5 -	-
1.	Mai	9 a. m.	—	53 -	-
2.	-	9 a. m.	—	54 -	-
3.	-	9 a. m.	—	56 -	-
4.	-	9 a. m.	—	58 -	-
5.	-	9 a. m.	—	60 -	-
6.	-	9 a. m.	—	61 -	-
7.	-	9 a. m.	—	61,5 -	-
8.	-	9 a. m.	—	62 -	-
9.—19.	-	9 a. m.	—	61—62 -	-
21.	-	9 a. m.	—	59 -	-

Versuch 19. Betula alba. Ein Aststück mit 5 Jahrringen, 153 Mm. lang, die untere Schnittfläche 9 Mm., die obere 8 Mm. im Durchmesser; über die untere Schnittfläche eine Collodiumsplatte gebunden; das Periderm von der ganzen Rinde abgenommen; der innere Durchmesser der Steigröhre 7 Mm. Bei diesem Versuche musste also die Wasseraufnahme durch die Collodiumplatte geschehen. Aufgestellt den 12. April um 5 Uhr am Abend.

13.	April	11 p. m.	—	7 Mm.	Saft
14.	-	9 a. m.	—	12 -	-
15.	-	9 a. m.	—	25,5 -	-
15.	-	8 p. m.	—	31 -	-
16.	-	9 a. m.	—	36,5 -	-
17.	-	9 a. m.	—	38 -	-
18.	-	9 a. m.	—	40 -	-
19.—20.	-	9 a. m.	—	40,5 -	-
21.—23.	-	9 a. m.	—	39,5 -	-
24.	-	9 a. m.	—	38,5 -	-

Versuch 20. Betula alba. Ein annähernd cylindrisches Aststück von 146 Mm. Länge und 11 Mm. Dicke; am oberen Ende ein Rindenring 7 Mm. lang vom Holze abgenommen; tiefer 30 Mm. lang das Periderm vom grünem Gewebe der Rinde abgestreift; die übrige Rinde also 109 Mm. lang heil gelassen; auf die untere Schnittfläche Collodium aufgetragen und austrocknen lassen; der innere Durchmesser der Steigröhre 7 Mm.; der Kautschukschlauch der Steigröhre

überspannte das entblösste Holz und einen Theil der grünen Rindenschicht. In diesem Falle musste also die Aufnahme des Wassers durch die Collodium-Schicht der unteren Schnittfläche vor sich gehen. Aufgestellt einige Tage vor dem Anfange des Blutens.

21.	April	9½ a. m.	—	14 Mm. Saft
22.	-	9 a. m.	—	15,5 - -
23.	-	9 a. m.	—	17 - -
24.	-	9 a. m.	—	17 - -
25.	-	9 a. m.	—	19 - -
26.	-	9 a. m.	—	19 - -
27.	-	10 a. m.	—	10 - -
28.	-	9 a. m.	—	20 - -
29.—2.	Mai			21 - -
3.	-			22 - -
4.	-			24 - -
5.	-			25 - -
6.	-			27,5 - -
7.	-			28 - -
8.—10.	-			29 -
11.—12.	-			30 - -
13.	-			31,5 - -
14.	-			32,5 - -
15.	-			33 - -
16.—17.	-			34 - -
18.	-			34,5 - -
19.	-			35,5 - -
21.	-			37 - -
22.—26.	-			35—36 - -
28.	-			33 - -

Von diesen dreien Versuchen können die ersten zwei als die besser gelungenen betrachtet werden. Bei No. 18 macht der höchste Saftstand mehr als den dritten Theil der Länge des Aststückes aus, wenn aber der entrindete Theil desselben nich gerechnet wird — fast die Hälfte des oberen berindeten Theiles; auch bemerken wir hier, wie auch bei den Versuchen mit belaubten Zweigen, dass in die ersten Tage ein rascheres Steigen fällt: zwei Tage ungefähr zu 15 Mm. Saft, den dritten = 6 Mm., dann folgt ein langsameres

tägliches Saftsteigen; bei diesem Versuche wie auch bei No. 20 verstreicht eine längere Zeit, ehe der Saft in die Steigröhre gelangt. Im Gegentheil muss bei dem Versuche 19 das verhältnissmässig rasche Auftreten des Saftes in der Steigröhre, und zwar 30 Stunden nach dem Aufstellen des Aststückes, als ein besonders günstiges Ergebniss betrachtet werden; auch bemerken wir hier, wie bei No. 18, anfänglich ein rascheres Saftsteigen — 3 Tage ungefähr zu 12 Mm., später ein langsameres; zuletzt dauert der ganze Process eine kürzere Zeit, denn der höchste Saftstand wird in 6 bis 7 Tagen erreicht. Bei No. 20 sehen wir ein langsames allmäliges Saftsteigen, was vielleicht durch die ungenügende Wasseraufnahme durch die Collodiumschicht erklärt werden kann.

Es war für mich nicht ohne Interesse vergleichende Versuche in der Hinsicht anzustellen, ob die dickeren — älteren, oder die dünneren — jüngeren Aststücke einen grösseren oder minderen Saftdruck aufweisen; dafür mag der folgende Versuch angeführt werden

Versuch 21. Betula alba: a, b, c, d, e, f. Es wurden sechs annähernd cylindrische Aststücke, jeder 200 Mm. lang, am 3. Juni aufgestellt; von allen am unteren Ende 40 Mm. Rinde vom Holze abgenommen, von den übrigen 160 Mm. das Periderm abgeschält; bei allen über die untere Schnittfläche des Holzes Kautschukplatten gebunden. *a*, einjährig = 2 Mm. dick; *b*, zweijährig = 3½ Mm. dick; *c*. vierjährig = 4½ Mm. dick; *d*, vierjährig = 4,7 Mm. dick; *e*, vierjährig = 5 Mm. dick; *f*, fünfjährig = 9 Mm. dick. Alle sechs Aststücke in einem Glassgefäss zuerst an einem S. O. Fenster aufgestellt und längere Zeit gehalten, dann sämmtliche an ein N. W. Fenster gebracht; die letztere Exposition schien günstiger eingewirkt zu haben. *a* und *b* haben gar kein Saftsteigen aufgewiesen, *d* brachte bis zum 22. Juli nur 1 Mm. Saft hinauf.

	c.	e.	f.
16. Juni	—	Saft in d. Steigr.	—
17. -	—	—	—
18. -	—	—	—
19. -	—	—	—

	c. Mm. Saft	e. Mm. Saft	f. Mm. Saft
20. Juni	—	8	—
21. -	—	—	Saft in d. Steigr.
22. -	—	10,5	
23. -	—	13,5	12,7
24. -	—	14,2	14
25. -	—	16,6	16,5
26. -	—	18	19
27. -	—	20	20
28. -	Saft in der Steigröhre	22	21
29. -	17,5	23,7	22
30. -	22	25	22
1. Juli	26,5	25	22
2. -	31,5	25	23
3. -	34,5	27	23,5
4. -	35	28	25
5. -	36	28	25
6. -	36,5	29,75	25
7. -	38,5	30	26,5
8. -	Unter einem	31	26,5
9. -	Kautschuk-	32	27
10. -	verband	32,5	27
11. -	zweier	34,5	28
12. -	Steigröhren	—	—
13. -	48	38	29
14. -	50	—	31
15. -	—	—	—
16. -	52,5	—	34
17. -	54	—	38,5
18. -	55	—	42
19. -	55	—	44
20. -	53	—	46,75
21. -	—	—	47,5

Das Auftreten und der weitere Verlauf des Saftsteigens ist bei diesem Versuche derartig, dass man kaum allgemeine Schlüsse daraus folgern kann. Im Allgemeinen scheinen die dickeren Aststücke leichter das Bluten erfolgen zu lassen als die dünnsten und jüngsten, was ich übrigens auch in andern Fällen beobachtet habe; aber diese Beobachtungen erlauben noch nicht den Schluss, dass die dünneren Zweige dazu gar nicht befähigt wären. Bei *c* finden wir zwar ein verspätetes Auftreten des Saftes, dafür aber sogleich mit 17 Mm.; dann folgen noch drei, vier Tage mit einigen Millimetern des täglichen Steigens, um zuletzt, im Vergleiche mit den anderen Aststücken, den höchsten Stand zu erreichen; es scheint als ob der Saft hier besonders ein Hinderniss zu beseitigen hätte, ehe derselbe in die Steigröhre gelangt und nun rascher vorwärts kommt; eine derartige erschwerte Wegsamkeit mag in den dünnsten Aststücken *a* und *b* in noch grösserem Maasse wirksam gewesen sein. Warum aber das Aststück *d* nur einen Millimeter Saft hinaufgebracht hatte ist unbegreiflich; es könnte freilich sein, dass der Kautschukverschluss an der unteren Schnittfläche nicht wasserdicht gewesen ist; übrigens mögen überhaupt bei derartigen Versuchen manche Nebenumstände mehr oder weniger Bedeutung haben.

Versuchung 22. Betula alba. Ein Aststück von 230 Mm. Länge, 8 Mm. im Durchmesser der oberen, 8½ Mm. der unteren Schnittfläche; die Jahresringe des Holzes undeutlich, aber die Zahl derselben nicht weniger als fünf; von der ganzen Rinde das Periderm abgenommen; über die untere Schnittfläche eine Collodiumplatte fest gebunden. Aufgestellt am 7. Juni, am 28. um 8 Uhr am Morgen noch kein Saft in der Steigröhre, den 29. um 9 Uhr Morgens 29 Mm. eines klaren kaum gelblich gefärbten Saftes.

29.	Juni	9	a. m. —	29	Mm. Saft
30.	-	7	a. m. —	41	- -
30.	-	5	p. m. —	48	- -
1.	Juli	8	a. m. —	55	- -
2.	-	9	a. m. —	62	- -
3.	-	8	a. m. —	66	- -
4.	-	9	a. m. —	69,4	- -
5.	-	6	p. m. —	75,5	- -
6.	-	9	a. m. —	78,4	- -

7.	Juli	9 a. m.	—	83	Mm. Saft
8.	-	10 a. m.	—	88,4	- -
9. 10.	-	Unter einem Kautschukverband			
11.	-	9 a. m.	—	99	Mm. Saft
13.	-	9½ a. m.	—	103,5	- -
14.	-	10½ a. m.	—	107,5	- -
16.	-	1 p. m.	—	111	- -
17.	-	8½ a. m.	—	**113**	- -
18.	-	11 a. m.	—	111,5	- -
19.	-	9 a. m.	—	111	- -

Bei diesem Versuche verflossen also drei volle Wochen, ehe das Saftsteigen eintraf, dafür aber sogleich mit 29 Mm., dann stieg der Saft in den zwei folgenden Tagen mit 12 und 14 Mm., später langsamer bis die Höhe von 113 Mm. erreicht wurde; diese Steighöhe ist bei den Versuchen dieser Reihe die bedeutendste und beträgt fast die halbe Länge des Asstückes. — Ich führe noch an, dass gleichzeitig mit diesem ein Zweigstück von derselben Länge und bei gleicher Behandlung, aber nur von 2½ Mm. Dicke im Durchmesser, aufgestellt wurde, aber gar kein Saftsteigen aufwies.

Die angegebenen Versuche mit Betula alba würden also eine Pflanze betreffen, welche auch im Naturstande im Frühjahre die Erscheinung des Blutens aufweist; ich habe aber auch ähnliche Resultate mit Prunus Cerasus erhalten, also mit einer Pflanze, welche, so viel bekannt ist, nicht blutet.

Versuch 23. Prunus Cerasus. Ein Aststück von 155 Mm. Länge und 10 Mm. im Durchmesser; am unteren Ende die Rinde vom Holze 31 Mm. lang abgenommen; über die untere Schnittfläche des Holzkörpers eine Kautschukplatte wasserdicht überbunden; der innere Durchmesser der Steigröhre = 6 Mm. Aufgestellt den 3. Juni am Nachmittage, den 7. Juni Saft in der Steigröhre.

8.	Juni	3 p. m.	—	17	Mm. Saft
9.	-	8 p. m.	—	24	- -
10.	-	9 a. m.	—	22	- -
11.	-	10 a. m.	—	20	- -

Das Aststück in frisches Wasser gebracht

12. Juni	9 a. m.	—	22	Mm.	Saft
13. -	10 a. m.	—	24	-	-
14. -	9 a. m.	—	29,6	-	-
15. -	7½ a. m.	—	40	-	-
17. -	9 a. m.	—	40	-	-
18. -	10 a. m.	—	41	-	-
19. -	10 p. m.	—	43	-	-
20. -	10 a. m.	—	42	-	-
21. -	10 a. m.	—	43	-	-
22. -	9 a. m.	—	45	-	-
23. -	6 p. m.	—	45	-	-
25. -			37,5	-	-
26. -			33	-	-
27. -			29	-	-

Versuch 24. Prunus Cerasus. Ein Zweig wurde auf folgende Weise zurecht geschnitten; nur seine Mittelaxe wurde dem Versuche unterworfen, welche 228 Mm. Länge, 6½ Mm. im Durchmesser der unteren und 5 Mm. der oberen Schnittfläche betrug und 3 Jahresringe des Holzes hatte; von derselben wurden alle 6 einjährigen Zweige fast am Grunde abgeschnitten, so dass nur 6 kurze Zweigstumpfe zurückblieben. Wir erhalten also ein Aststück, dessen Zweige abgeschnitten sind; von demselben das Periderm abgenommen, über die untere Schnittfläche eine Kautschukplatte gebunden und am oberen Ende eine Steigröhre angebracht. Die Aufsaugung des Wassers musste in diesem Falle also durch die Schnittflächen der sechs einjährigen Zweigstumpfe, welche unbedeckt blieben, geschehen. Aufgestellt den 6. Juli um 5 Uhr am Abend.

15. Juli	5 p. m.	—	45,5	Mm.	Saft	Der Saft klar und fast farblos, kaum ins Gelbliche opalisirend.
16. -	1 p. m	—	68	-	-	
17. -	8½ a. m.	—	93	-	-	
18. -	11 a. m.	—	95,7	-	-	
19.—20. -			93	-	-	

Versuch 25. Prunus Cerasus. Ein zweijähriges (?) Zweigstück (ohne Verzweigungen), 205 Mm. lang, 6 und 5 Mm. im Durchmesser; die untere Schnittfläche unbedeckt gelassen; das Periderm abgenommen. Aufgestellt am 3. Juli um 2 Uhr Nachmittags.

8.	Juli	10	a. m.	— Saft in der Steigröhre
8.	-	$3\frac{1}{2}$	p. m.	— 6,5 Mm. Saft
9.	-	9	a. m.	— 15 - -
10.	-	12	d.	— 33 - -
11.	-	9	a. m.	— 45 - -
13.	-	9	a. m.	— 49 - -
14.	-	10	a. m.	— 46,3 - -
16.	-	1	p. m.	— 35,5 - -
17.	-	$8\frac{1}{2}$	a. m.	— 32 - -

Die letzten zwei Versuche sind in der Hinsicht eigenthümlich, dass hier die zur Wasseraufnahme bestimmten Schnittflächen unbeeckt blieben, und dennoch ging das Saftsteigen bedeutend vor sich. Ich habe diese Aufstellungen in Folge und unmittelbar nach dem Versuche 15 vorgenommen, welcher mir zeigte, dass das Durchschneiden der Blattstiele bei Kirschbaumzweigen das Saftsteigen nicht ausschloss, ja sogar bei dem Zweige 15 c. zuletzt eine Steighöhe von 142 Mm. erreicht wurde. Das Zustandekommen des Blutens kann hier ebenfalls, wie auch oben angenommen wurde, durch Ansammlung von aufquellenden Stoffen in den Ausflusskanälen erklärt werden.

Versuch 26. Quercus Robur. Ein Aststück von 115 Mm. Länge, 7 Mm. im Durchmesser und 3 Jahresringen des Holzes; am untersten Ende 35 Mm. Rinde abgenommen, von der übrigen das Periderm abgeschält; die untere Schnittfläche des Holzes durch eine Kautschukplatte abgeschlossen. Aufgestellt am 17. Juni; den 1. Juli = 12 Mm. Saft in der Steigröhre; den 4. Juli = 12,8 Mm.; den 6. Juli = 14 Mm. Saft; später traf das Sinken desselben ein.

Zuletzt werde ich noch drei Versuche anführen, bei welchen die Aststücke zwar nur schwache Druckkräfte aufweisen, aber in der Hinsicht bemerkenswerth sind, da in diesen Fällen von den Aststücken die Rinde vollständig abgenommen wurde, so dass also das Saftsteigen nur durch den Holzkörper verursacht war.

Versuch 27. Salix alba. Ein Aststück von 102 Mm. Länge und 8 Mm. im Durchmesser des Holzkörpers, von welchem die Rinde abgenommen war; auf die untere Schnittfläche Collodium aufgebracht und austrocknen lassen. Aufgestellt den 15. März; den 16. um 9 Uhr Morgens trat schon der Saft in der Steigröhre auf, den 17. um

9 Uhr Morgens — fast 6 Mm. Saft, den 18. bis 19. = 9 Mm. Saft und ziemlich viele Luftblasen, den 20. = 8 Mm. Saft; an den darauf folgenden Tagen — noch tieferes Sinken desselben. —

Versuch 28. Betula alba. Ein Aststück von 164 Mm. Länge und 6 Mm. im Durchmesser; die Rinde abgenommen, über die untere Schnittfläche eine Kautschukplatte gebunden. Aufgestellt am 3. Juni, am 8 Juni trat der Saft in der Steigröhre auf, darauf bis zum 20 Juni stieg derselbe nur bis 8 Mm. Höhe, später — Sinken desselben.

Versuch 29. Prunus Cerasus. Ein Aststück = 170 Mm. lang, 9 Mm. im Durchmesser; die Rinde abgenommen; über die untere Schnittfläche eine Kautschukplatte überbunden. Aufgestellt am 12. Juni, den 17. — 9 Uhr Morgens — 6 Mm. Saft in der Steigröhre, den 18—13,5 Mm., den 20—18 Mm., vom 21 Juni an — Sinken des Saftes.

Ueberblicken wir die Resultate der Versuche dieser letzten Reihe, No. 18 bis 29, also derjenigen, welche mit Aststücken, an denen weder Blätter nech Knospen oder heurige Frühlingstriebe vorhanden waren, ausgeführt sind, so erhalten wir, wenn die gelungendsten Versuche berücksichtigt werden, genügende Ergebnisse. Zuerst ist in einigen Fällen eine beträchtliche Steighöhe des Saftes erhalten worden, wie z. B., bei Betula alba (Vers. 22) — 113 Mm. Saft bei 230 Mm. Länge des Aststückes, bei Prunus Cerasus (Vers. 24) — 95,7 Mm. Saft bei 228 Mm. Länge des Aststückes. Ferner sehen wir, dass der Verlauf des Saftsteigens in der Art vor sich geht, wie wir das bei Versuchen mit belaubten Zweigen oder mit Wurzeln, wie noch weiter unten angegeben wird, antreffen, und zwar dass, nach dem Anfange des Saftsteigens, dieser Process einige Tage rascher, später langsamer vor sich geht. In Betreff des Zeitraumes, welcher von der Zeit der Aufstellung des Versuches bis zum Beginne des Saftsteigens verstreichen musste, ist überhaupt zu bemerken, dass derselbe fast durchweg ziemlich bedeutend ist. Ich erkläre dieses durch die noch mangelhafte Art der Ausführung der Versuche; es kann dabei eine ungenügende Wasseraufnahme vorkommen, oder der Saft wird ungenügend gehalten; vielleicht spielen dabei auch eine Rolle die in den Aststücken vorhandenen Gase, welche die Wege des Saftes mehr oder weniger versperren, oder die letzteren werden durch aufgequollene und unlösliche Substanzen theilweise angefüllt etc. Dass bei

dem Versuche 19 der Anfang des Saftsteigens nach 30 Stunden erfolgte zeigt, dass wenigstens in diesem Falle ein ziemlich rascher Verlauf des Processes erhalten war, und also, wenn bei den anderen Versuchen eine Verlangsamung desselben geschah, dieses wahrscheinlich mit Nebenumständen in Zusammenhang zu bringen ist. Um das Ergebniss des Versuches 19 in der angegebenen Hinsicht nicht ganz vereinzelt da stehen zu lassen, werde ich noch von einem Versuche, welcher nicht zu Ende geführt werden konnte, eine kurze Notiz anführen. Von einem Birken-Aststücke wurde das Periderm abgenommen, die untere Schnittfläche absichtlich mit einer dicken Collodiumplatte überbunden und am 10. August um 2¼ Nachmittags aufgestellt; den 11. August um 12 Uhr am Tage also nach 22 Stunden war die obere Schnittfläche schon mit Saft bedeckt, später aber verlief das Saftsteigen langsam und musste der Versuch abgebrochen werden. —

Schliesslich will ich noch einige Bemerkungen in Betreff der Behandlungsweise der Aststücke, wobei das Periderm derselben mehr oder weniger abgenommen wurde, anführen. Dieses Abschälen des Periderm von der grünen Rindensicht hatte sich als eine der wesentlichen Bedingungen des Gelingens der Versuche erwiesen. Welche Bedeutung dieser Behandlungsweise beizumessen ist, weiss ich eigentlich nicht und kann in der Hinsicht nur Vermuthungen und einige Beobachtungen anführen. Zuerst vermuthete ich, dass durch die grüne oberflächliche Zellenschicht der Rinde das Wasser möglicherweise aufgenommen wird, aber dem entgegengesetzt durch die ziemlich festen äusseren Zellenwände derselben das Hinaustreten des Saftes mehr oder weniger gehemmt wird. Um sich in der Hinsicht eine Aufklärung zu verschaffen, wurden mehrmals Versuche folgender Art unternommen: die unteren Schnittflächen der Aststücke wurden mit Kautschukplatten fest überbunden, von der ganzen Rinde das Periderm abgenommen, eine Steigröhre oben angebracht und die Aststücke auf die gewöhnliche Weise unter Wasser gesetzt; hier musste also die grüne vom Periderm entblösste Rindenschicht als der das Wasser aufnehmende Theil füngiren, weil auf anderem Wege das Aststück kein Wasser erhalten konnte. Aber diese Versuche blieben ohne Erfolg, das Saftsteigen unterblieb, und ich musste aus denselben den Schluss folgern, dass die grüne Rindenschicht das Wasser nicht

aufsaugen kann, oder selbiges in sehr ungenügendem Maasse aufnimmt. —

Eine andere Vermuthung bestand in Folgendem: das in den Zellen der Rinde enthaltene Chlorophyll könnte, wenn das Periderm abgenommen ist, die in dem Aststücke enthaltene Kohlensäure unter Lichteinwirkung zersetzen und dabei Sauerstoff ausscheiden, welcher nothwendig wäre, um einige Reservestoffe in Auflösungen zu überführen. Diese Vermuthung würde, denke ich, nichts Befremdendes enthalten, denn erstens ist bekannt, dass bei dem Keimungsprocesse viel Sauerstoff von den Samen aufgenommen wird, die Reservestoffe im gewissen Sinne verbrannt und dabei aufgelöst werden, kurz — ein Oxydationsprocess vor sich geht; ferner ist wohl auch anzunehmen, dass ein ähnlicher Oxydationsprocess in den Wurzeln und Stammtheilen, besonders im Frühjähre, bei der Auflösung der Reservestoffe geschehen kann; die Bäume würden den dazu nöthigen Sauerstoff in hinreichender Menge aus dem Erdreiche durch die Wurzeln und vielleicht auch aus der Luft durch die oberirdischen Pflanzentheile erhalten. — Das Nichtzustandekommen des Blutens bei denjenigen Aststücken, von welchen das Periderm nicht abgeschält ist, würde nach dieser Auffassung darin seine Ursache haben, dass dieselben zu wenig Sauerstoff erhalten. Gegen diese Auffassung kann freilich der Umstand angeführt werden, dass durch die obere Schnittfläche des Aststückes hinreichende Mengen Sauerstoff demselben aus der Luft geboten werden, und das so lange, bis das Saftsteigen eintrifft. Dennoch wurden einige Versuche unternommen, welche nachweisen sollten, ob solche mit Periderm bedeckte Aststücke, welchen hinreichende Mengen Sauerstoff künstlich zugeführt werden, bluten können oder nicht. — Zuerst im Anfange des April wurde die Mittelaxe eines Birkenzweiges, ungefähr einen Meter lang, von welcher die darauf gewesenen 6 Zweige ziemlich am Grunde abgeschnitten wurden, aber das Periderm nicht abgenommen war, zum Versuche gebraucht; die Schnittflächen der sechs Zweigstumpfe wurden durch Collodiumplatten abgeschlossen; das dicke untere Ende der Mittelexe mit einer Steigröhre mittels eines Kautschukschlauches verbunden; darauf dieselbe in einem langen cylindrischen Glasgefässe unter Wasser gebracht; die Steigröhre durch einen Korken, welcher im Halse des Gefässes sass, geführt; ausserdem durch denselben Korken noch eine lange

Glassröhre, welche im Wasser bis zum Boden des Gefässes reichte, eingestellt; dann das obere Ende der Glasröhre mit einem ziemlich geräumigen Gasometer verbunden. Nun liess ich zwei Wochen lang ununterbrochen Sauerstoffblasen aus dem Gasometer durch das Wasser streichen, um letzteres während der ganzen Zeitdauer sauerstoffreich zu erhalten, darauf freilich rechnend, dass mit dem Wasser auch hinreichende Mengen des Sauerstoffes durch die Collodiumplatten in das Aststück gelangen werden. Aber auch bei diesem Versuche unterblieb das Saftsteigen. — Im Verlaufe des Sommers wurden noch folgende Versuche gemacht. In einem Glassgefäss eine Portion frisch abgeschnittener Blätter unter Wasser gebracht, in einem anderen Algen in bedeutender Menge gehalten; in beiden Gefässen Aststücke von Betula alba und Prunus Cerasus, deren Periderm nicht abgenommen und die unteren Schnittflächen mit Collodiumplatten überdeckt waren, eingestellt; beide Gefässe möglichst den directen Sonnenstrahlen ausgesetzt. Ich hatte also auch bei diesen Versuchen in Aussicht — durch das angewandte chlorophyllreiche Gewebe Sauerstoff zu erhalten, welcher das Wasser schwängern und den Aststücken zu Gute kommen sollte, aber auch hier erhielt ich nur negative Resultate. — Also so weit die angegebenen wenigen Versuche andeuteten, haben sich beide oben angeführten Vermuthungen nicht bestätigen lassen.

Ich will schliesslich noch anführen, dass während der Versuche mit Asstücken, von welchen das Periderm abgenommen war, ich mehrmals beobachtet habe, dass durch die grüne Rindenschicht stellenweise, wahrscheinlich durch kleine Wunden derselben, eine Menge kleiner rasch nach einander folgender Blasen längere Zeit hindurch ausströmte; freilich kamen diese Bläschen aus den Intercellulargängen hervor, aber ein derartiges rasches Ausströmen derselben spricht dafür, dass innerhalb der Aststücke eine Gazspannung zu Stande kommt. — Erinnern wir uns ferner des Versuches 15, bei welchem die Zweige a und b an ihren Frühlingstrieben noch theilweise eine chlorophyllgrüne Oberfläche hatten, aber von deren Mittelaxe das Periderm nicht abgenommen war; diese Zweige trieben in den ersten zwei Tagen des eintretenden Blutens viele Luftblasen mit dem Safte schaumartig hervor. Ausserdem habe ich oben die Bemerkung gemacht, dass zuweilen, bei den Versuchen mit Aststücken,

der Saft längere Zeit nicht horvortritt, um dann auf einmal rasch und zu einer verhältnissmässig bedeutenden Höhe in der Steigröhre zu gelangen, als ob derselbe einen gewissen Widerstand zu beseitigen hätte. Berücksichtigen wir diese Beobachtungen, so können wir zu der Vermuthung gelangen, dass in den Leerzellen des Holzes sich ebenfalls Luftblasen ansammeln welche die Saftsäulen unterbrechen und dadurch freilich den Saftstrom hemmen werden. Die angeführte Manipulation des Abtrennens des Periderms könnte also vielleicht deshalb günstige Bedingungen enthalten, weil die unter Wasser gehaltene grüne Zellenschicht, einerseits, vor dem Austrocknen geschützt wird, und zugleich durch dieselbe die in den Aststücken angesammelten Gaze leichter entweichen können; zuletzt kann auch sein, dass bei Oxydation der Reservstoffe so viel Kohlensäure sich bildet, dass dieselbe in den Leerzellen des Holzes den Saftstrom aufhält, aber allmälig durch die Thätigkeit des Chlorophylls beseitigt wird. Es sind das lauter Vermuthungen, welche durch fernere Versuche bestätigt oder widerlegt werden können.

IV.

Bisher haben wir belaubte oder beschnittene Zweige den Versuchen unterworfen; im Folgenden werden noch einige ähnliche Versuche mit Knospenzweigen angegeben, welche vom Herbste an bis zum Frühjahre, also zur Zeit der Ruhe und des Beginnes der Saftströmungen, ausgeführt sind.

Den Herbst über bis in den Winter 1875 waren meine Versuche, welche grössten Theils mit Linden-, weniger mit Birkenzweigen unternommen wurden, erfolglos geblieben; dieses konnte von der Jahreszeit abhängen, oder waren vielleicht die Laubknospen zum Aufsaugen des Wassers keine tauglichen Organe. Da aus den Knospen, besonders der Linde, schleimige Stoffe in das Wasser hinaustraten, so wurde ein Versuch mit einem Birkenzweige auf die Weise ausgeführt, dass alle Knospen und Blüthenkätzchen desselben mit Collodium überdeckt wurden; ich hatte dabei in Aussicht, dass das Wasser durch die Collodiumhüllen eintreten werde, aber die Auflösungen der organischen Stoffe vielleicht mehr oder weniger aufgehalten werden; dieser Versuch war der erste aus der folgenden Reihe, w-[ə

cher ein, wenn auch schwaches, Bluten erfolgen liess, wie sogleich angegeben werden soll.

Versuch 30. Betula alba. Ein Zweig, dessen Knospen und Blüthenkätzchen mit Collodium überdeckt waren; aufgestellt am 14. December, am 9. Januar erschien der erste Tropfen in der Mitte der Schnittfläche; derselbe vergrösserte sich so langsam, dass erst den 10. Januar um 12 Uhr in der Nacht die Schnittfläche des Zweiges vom Safte bedeckt war; darauf sammelte sich der Saft in der Steigröhre bis zum 15. Januar auf 9 Mm. Höhe,

17. Junuar — 11 Mm. Saft
19. - — 17,5 - -
21. - — 19 - -
22. - — 21 - -
23. - — 22 - -
24. - — 23,7 - -
27. - — 25 - -
28. - — 27 - -
1. Februar — 28,5 - -
8.—9. - — 30 - -

Später sank der Saft allmälich. Auf den Knospen und Kätzchen entwickelten sich während der langen Dauer des Versuches dichte Rasen der Achlya lignicola; bei dem Herausheben des Zweiges aus dem Wasser erwies sich, dass die Collodiumhüllen aufgerissen waren, also hatten sich dieselben nicht als zweckdienlich erwiesen. — Nach diesem Versuche wurden mehrere andere ebenfalls mit Birkenzweigen, aber ohne Collodiumhüllen, ausgeführt.

Versuch 31. Betula alba. Am 14. Februar wurde ein schlanker Zweig mit vielen dünnen langen Verzweigungen unter Wasser gebracht; den 4. bis 6. März erschien etwas Flüssigkeit auf der Schnittfläche; da aber der Zweig zu gross war und das dicke Ende desselben, auf welchem die Steigröhre aufgesetzt war, ziemlich hoch aus dem Wasser hinaustrat, so wurde dieser Theil und ein Seitenzweig abgeschnitten; ausserdem unter der Schnittfläche ein Rindenring 11 Mm. lang vom Holze abgenommen, der entblöste Holztheil, welcher 5 Mm. im Diameter hatte, in eine Steigröhre von 6 Mm. inneren Durchmessers eingeführt und die Steigröhre so wie den berindeten Theil des Zweiges mittels eines Kautschukschlauches ver-

bunden. Der Durchmesser des dicken Zweigendes mit der Rinde mass $6\frac{1}{3}$ Mm.; die grösste Länge des Zweiges bis zum Gipfel der längsten Verzweigungen betrug nun 575 Mm.; der Zweig hatte verhältnissmässig viele Kätzchen — 69 und 135 Laubknospen; diese letzte Aufstellung wurde am 7. März ausgeführt.

8.	März	9	a. m. —	2,5	Mm.	Saft
9.	-	9	a. m. —	7	-	-
10.	-	9	a. m. —	11	-	-
11.	-	9	a. m. —	17	-	-
12.	-	9	a. m. —	22	-	-
12.	-	8	p. m. —	23	-	-
13.	-	9	a. m. —	26	-	-
13.	-	5	p. m. —	26	-	-
14.	-	9	a. m. —	30	-	-
15.	-	9	a. m. —	35	-	-
17.	-	9	a. m. —	43	-	-
18.	-	9	a. m. —	47	-	-
19.	-	9	a m. —	51	-	-
19.	-	5	p. m. —	53	-	-
20.	-	9	a. m. —	55	-	-
21.	-	9	a. m. —	60	-	-
22.	-	9	a. m. —	65	-	-
23.	-	9	a. m. —	70	-	-
24.	-	9	a. m. —	75	-	-
24.	-	$2\frac{1}{2}$	p. m. —	81	-	-
24.	-	$7\frac{2}{3}$	p. m. —	82	-	-
26.	-	9	a. m. —	85	-	-
Unter Kautschukverband einer neuen Steigröhre						
29.	März	9	a. m. —	100	Mm.	Saft
30.	-	9	a. m. —	105	-	-
31.	-	10	a. m. —	112	-	-
1.	April	9	a. m. —	117,5	-	-
2.	-	9	a. m. —	123	-	-
2.	-	11	p m. —	127	-	-
Unter Kautschukverband						
4.	April	10	a. m. —	135	Mm.	Saft
5.	-	2	a. m. —	141	-	-
5.	-	10	a. m. —	142	-	-
6.	-	9	a. m. —	148	-	-
7.	April	9	a. m. —	154	Mm.	Saft
8.	-	12	d. —	160	-	-
8.	-	12	n. —	164	-	-
9.	-	9	a. m. —	166	-	-
10.	-	9	a. m. —	172	-	-
11.	-	9	a. m. —	179	-	-
Unter Kautschukverband						
13.	April	9	a. m. —	192	Mm.	Saft
14.	-	9	a. m. —	201	-	-
15.	-	9	a. m. —	209,5	-	-
16.	-	9	a. m. —	218	-	-
17.	-	9	a. m. —	225,5	-	-
18.	-	9	a. m. —	232	-	-
19.	-	9	a. m. —	238	-	-
Unter Kautschukverband						
21.	April	11	a. m. —	249	Mm.	Saft
22.	-	9	a. m. —	251	-	-
23.	-	9	a. m. —	257	-	-
24.	-	9	a. m. —	262	-	-
25.	-	9	a. m. —	267	-	-
26.	-	9	a. m. —	270	-	-
27.	-	10	a. m. —	273,5	-	-
28.	-	10	a. m. —	276	-	-
29.	-	9	a. m. —	279	-	-
30.	-	9	a. m. —	282	-	-
1.	Mai	9	a. m. —	282	-	-
2.	-	9	a. m. —	284	-	-
3.	-	9	a. m. —	286	-	-
4.	-	9	a. m. —	292	-	-
Unter Kautschukverband						
13.	Mai			298	Mm.	Saft
15.	-			**302**	-	-

Darauf sank der Saft, so dass am 27. Mai derselbe auf 297 Mm. stand. —

Bei dem Herausheben des Zweiges erwies sich, dass die Knospen wie die Kätzchen ganz aufgeweicht waren, also unfähig gewesen sind die 302 Mm. lange Saftsäule zu halten; dieses mussten also die Gewebe des Zweiges selber erfüllen. Ich halte ausserdem nicht

für überflüssig, zu bemerken, dass den ganzen Zeitraum über, vom 7. März bis zum 15. Mai, das Wasser, in welchem der Zweig gehalten, nicht gewechselt wurde, weil selbiges ziemlich klar und durchaus unverdorben blieb; es bildeten sich zwar Rasen der Achlya an den Knospen und Blüthenkätzchen, auch setzten sich kleine grüne Algen an der Wand des Glasgefässes, aber Fäulniss der organischen Stoffe im Wasser war nicht eingetreten, was vielleicht dadurch zu erklären ist, dass der im Wasser vorhandene und aus der Luft aufgenommene Sauerstoff vom Zweige aufgesogen wurde. — Wie aus der angeführten Tabelle zu ersehen ist, erfolgte das Saftsteigen, ausser einigen Ausnahmen, ziemlich regelmässig: vom 8. März bis zum 20. im Durchschnitte täglich zu 4½ Mm., vom 21. bis zum 30. März — zu 5 Mm., vom 31. bis zum 3. April — zu 6 Mm., vom 14. bis zum 23. — 7 Mm. täglich, den 24. und 25. — zu 5 Mm., vom 26. bis zum 4. Mai — zu 3 Mm., zuletzt noch in 11 Tagen — 10 Mm.; also war zuerst eine allmählige Zunahme und später eine Abnahme im täglichen Saftsteigen zu bemerken. — Ausserdem ist bei den beiden Versuchen nicht zu übersehen, erstens — der lange Zeitraum vor dem Eintreffen des Blutens, und zweitens, besonders im letzten Falle — die lange Dauer und die Langsamkeit des Saftsteigens. Es können diese Erscheinungen von mehreren Ursachen abhängen; erstens ist wahrscheinlich die Jahreszeit vom December bis zum März ungünstig für derartige Versuche, zweitens mögen die Knospen und Blüthenkätzchen zur Aufnahme des Wassers wenig taugliche Organe sein. Um den angegebenen Einflüssen oder Ursachen etwas näher auf den Grund zu kommen, wurden noch einige Versuche zu günstigerer Zeit und mit Berücksichtigung der An- oder Abwesenheit in grösserer oder geringerer Menge der Laubknospen und der Blüthenkätzchen angestellt.

Versuch 32. Betula alba. Ein Zweig, welcher gar keine Amenta hatte, wurde am 14. März aufgestellt; auf der Schnittfläche desselben erschien später zwar etwas Saft, welcher aber wieder aufgesogen wurde, so dass bis zum 13. April, als der Versuch beendet wurde, eigentlich kein Bluten erfolgte.

Versuch 33. Betula alba. Ein Zweig mit Knospen und Blüthenkätzchen; aufgestellt ebenfalls am 14. März; den 30. trat der Saft in der Steigröhre auf,

31. März 10 a. m. — 6 Mm. Saft
1. April 9 a. m. — 5,5 - -
Das Wasser im Gefässe gewechselt
2. April 9 a. m. — 9 Mm. Saft
3. - 9 a. m. — 11 - -
4. - 9 a. m. — 13 - -
5. - 9 a. m. — 15 - -
6. - 9 a. m. — 19 - -
7. - 9 a. m. — 19 - -
8. - 12 d. — 22 - -
9. - 9 a. m. — 24 - -
10. - 9 a. m. — 26 - -
11. - 9 a. m. — 28 - -
12.—13. - 28 - -

Versuch 34. Betula alba. Ein Zweig mit vielen Laubknospen, aber verhältnissmässig wenigen Blüthenkätzchen; aufgestellt am 21. März.

30. März 9 a. m. — 10 Mm. Saft
31. - 10 a. m. — 16 - -
1. April 9 a. m. — 18 - -
2. - 9 a. m. — 19 - -
3. - 9 a. m. — 22 - -
4. - 9 a. m. — 23 - -
5. - 9 a. m. — 24 - -
Der Versuch verunglückt.

Versuch 35. Betula alba. Ein Zweig mit Knospen und Blüthenkätzchen; aufgestell den 28. März.

1. April schon Saft in der Steigröhre
2. - 9 a. m. — 12 Mm. Saft
3. - 9 a. m. — 16 - -
4. - 10 a. m. — 27,5 - -
5. - 10 a. m. — 33 -
6. - 10 a. m- — 33 - -
7. - 9 a. m. — 34 - -
8. - 12 d. — 34 - -
9. - 9 a. m. — 33 - -
10. - 9 a. m. — 32 - -

11.	April	9 a. m.	— 33	Mm. Saft
12.	-	9 a. m.	— 33,5	- -
13.	-	9 a. m.	— 33,5	- -

Versuch 36. Betula alba. Alle Laubknospen am Zweige gelassen, im Gegentheil die wenigen da gewesenen Kätzchen abgepflückt; aufgestellt den 29. März.

7.	April		— 6	Mm. Saft
8.	-	12 d.	— 8	- -
9.	-	9 a. m.	— 10	- -
10.	-	9 a. m.	— 11	- -
11.	-	9 a. m.	— 13	- -
12.	-	9 a. m.	— **14**	- -
13.	-	9 a. m.	— 14	- -

Später der Saft nicht höher gestiegen.

Versuch 37. Betula alba. Alle Laubknospen vom Zweige abgepflückt, die Blüthenkätzchen gelassen; aufgestellt am 30. März.

2.	April		— 7	Mm. Saft
4.	-	10 a. m.	— 12,2	- -
5.	-	10 a. m.	— 16	- -
6.	-	10 a. m.	— 20	- -
7.	-	9 a. m.	— 24	- -
8.	-	12 d.	— 28	- -
9.	-	9 a. m.	— 30	- -
10.	-	9 a. m.	— **31**	- -
11.—12.	-		— 30	- -
13.	-		— 29	- -

Aus den Ergebnissen der angeführten Versuche erweist sich zuerst, in Betreff der Zeitdauer vor dem Anfange des Blutens, dass bei dem Versuch 30 dieselbe vom 14. December bis zum 9. Januar — 26 Tage ausmachte, bei Versuch 31 vom 14. Februar bis zum 4. oder 8. März — 21 oder 25 Tage, bei Versuch 33 vom 14. bis 30. März — 16 Tage, bei Versuch 34 vom 21. bis 30. März — 9 Tage, bei Versuch 35 vom 28. März bis zum 1. April — 4 Tage, bei Versuch 37 vom 30. März bis zum 2. April — 3 Tage. Wenn ich hiezu noch an meine oben gemachte Bemerkung erinnere, dass den Herbst über meine Versuche gar keine Erfolge ergaben, so liegt der Schluss nahe, dass der raschere Verlauf des Saftsteigens

und der Beginn des Blutens wahrscheinlich in bedeutendem Maasse von der Jahreszeit abhängt, dass eben die Herbst- und Wintermonate dazu nicht geeignet sind, im Gegentheil zur Frühlingszeit, wann also die Birke auch in der freien Natur die Erscheinungen des Blutens aufweist, dieser Process auch bei den Versuchen im Zimmer vor sich geht. Hinsichtlich der Fähigkeit der Wasseraufnahme scheinen die wenigen Versuche zu zeigen, dass die Laubknospen dazu weniger oder gar nicht geeignet sind, und im Gegentheil würden die Blüthenkätzcben dem Wasser, wenn vielleicht auch spärlich, dennoch den Durchgang gewähren; so bei Versuch 32 blutete der Zweig im Verlaufe eines ganzen Monates gar nicht; an demselben waren auch gar keine Amenta vorhanden; bei dem Versuch 36, wo die Blüthenkätzchen abgepflückt waren, stieg zwar der Saft in der Steigröhre, aber nur bis 14 Mm. Höhe, ausserdem traf das Bluten erst den 10. Tag nach dem Aufstellen des Versuches ein, obgleich derselbe zur günstigsten Zeit, am 29. März, unternommen wurde; zu derselben Zeit bluteten die Zweige 35 und 37 nach 4 und 3 Tagen; zuletzt ist bei dem Versuch 36 zu berücksichtigen, dass durch das Abpflücken der Kätzchen die Wasseraufsaugung durch die Wundflächen derselben nicht ausgeschlossen war. — Schliesslich folgere ich aus den Versuchen dieser Reihe, in Betreff des Hauptzweckes meiner Untersuchungen, also der Druckkraft der Knospenzweige, dass die erhaltenen Resultate gar nicht unbedeutend sind, wenn auch hier die günstigsten Ergebnisse zusammengestellt werden; denn obgleich die zur Aufsaugung genöthigten Organe der Birkenzweige nur langsam und spärlich das Wasser eintreten liessen, erfolgte dennoch, erstens, in zwei Fällen das Bluten nach 4 und 3 Tagen, und zweitens, wurde wenigstens in einem Falle der Saft auf 302 Mm. Höhe hinaufgedrückt, was also mehr als die Hälfte der ganzen Länge des zum Versuche gebrauchten Zweiges beträgt. Aber zugleich muss ich auch anführen, dass den obigen ähnliche Versuche auch mit Zweigen anderer Baumarten — Salix alba, S. acutifolia, S. Caprea, Populus tremula, Corylus Avellana — angestellt wurden, aber kein Bluten derselben erfolgte.

V.

Aus allen oben angeführten Untersuchungen folgt unzweifelhaft, dass die Stammtheile der Pflanzen die Fähigkeit besitzen, bei geeigneten Verhältnissen, zu bluten. Da wir nun die Mittel kennen, einen belaubten Stammtheil in den Zustand des Saftdruckes zu versetzen, so ist gewiss nicht ohne Werth, einige vergleichende Versuche anzustellen, aus welchen das Verhältniss der Druckkräfte der Wurzeln zu denjenigen der Stammorgane derselben Pflanzen sich erweisen könnte. Freilich ist dieses mit grossen Bäumen nicht ausführbar, auch würden vergleichende Untersuchungen mit einzelnen Theilen der Wurzeln und Stämme keine hinreichend berechenbaren Ergebnisse leisten können; im Gegentheil bieten die cultivirten Topfpflanzen ein dazu geeignetes Material; hier können wir jede Pflanze in zwei Theile — Wurzel und Stamm — trennen und den einen wie den anderen dem Versuche unterwerfen. Ich nahm dazu, eigentlich ohne Wahl, eine Anzahl solcher Gewächshauspflanzen, von welchen mir unbekannt war, ob deren Organe — Wurzeln und Stämme — Druckkräfte enthalten, oder nicht; die Behandlungsweise derselben war sehr einfach: der Stamm wurde einige Millimeter hoch über dem Wurzelhalse mit einem scharfen Messer durchschnitten, dann über den Stammstumpf ein Kautschukschlauch bis zur Oberfläche der Erde aufgespannt und ein Steigrohr eingesetzt; ebenso wurde ein Kautschukschlauch und eine Steigröhre an das untere Stammende angebracht. Um die Verhältnisse bei den Wurzel- und Stammtheilen, so viel anging, gleich zu stellen, wurden gleich weite Kautschukschläuche und Steigröhren, von demselben inneren Durchmesser, für die beiden Theile jeder Pflanze genommen; die belaubten Stämme nun auf die gewöhnliche Weise unter Wasser gebracht, die Töpfe mit den Wurzeln auch in Wasser gestellt und so während des ganzen Verlaufes des Versuches gehalten, wodurch die Erde freilich die ganze Zeit über vollständig durchnässt blieb; alle Gefässe mit den Wurzeln und Stämmen in demselben Zimmer bei gleicher Temperatur und diffusem Lichte aufgestellt. Die ersten hierher gehörenden Versuche habe ich an drei Pflanzen während des Winters vom 21. November 1875 bis Ende Januar ausgeführt; später wurden bei günstigerer Jahreszeit, im April und Mai, noch 20 Species auf die-

selbe Weise untersucht; die Ergebnisse von sämmtlichen Versuchen werden in folgender Reihe angegeben: zuerst werden *A)* diejenigen Pflanzen angeführt, von welchen weder die Wurzeln noch die Stämme geblutet haben; dann *B*) eine Pflanze, von welcher nur die Wurzel Druckkräfte aufgewiesen; darauf *C)* zwei Pflanzen, von welchen die Wurzeln stärker den Saft hinaufdrückten als die Stämme; *D)* eine Pflanze mit unbestimmten Ergebnissen und eine mit gleicher Druckkraft der Wurzel wie des Stammes; *E)* solche Pflanzen, von welchen die Stämme grössere Druckkräfte zeigten; und zuletzt *F*) diejenigen, von welchen nur die Stämme bluteten.

A) Bei den folgenden Pflanzen haben also weder die Wurzeln noch die Stämme geblutet: Aecmea fulgens, Dracaena nigra, Dracaena paniculata, Begonia argyrostigma, Laurus nobilis, Rhodotyrus kerrioides, Rhododendron ponticum und Rosa bengalensis. Mit sämmtlichen 8 Pflanzen wurden die Versuche im April und Mai unternommen.

B) Nur die Wurzel hatte geblutet.

Versuch 38. Pittosporum Tobira. Aufgestellt den 16. April.

Wurzel.	Stamm.
Den 17. April trat schon der Saft hervor, aber bis zum 30. April war derselbe nur auf 8 **Mm.** Höhe gestiegen.	Auf der Schnittfläche erschien etwas Flüssigkeit, welche aber später aufgesogen wurde.

C) Die Wurzel hatte stärker den Saft getrieben als der Stamm.

Versuch 39. Pinus insignis? (Für die Richtigkeit des Speciesnamens stehe ich nicht.) Eine junge Pflanze, aufgestellt den 21. November um 2 Uhr Nachmittags.

Wurzel.	Stamm.
Den 24. Novemb. 9. a. m. — 2 Mm. Saft.	Den 23. December Saft in der Steigröhre.
- 25. - 9. a. m. — 3 - -	- 24. - 10. a. m. — 2 Mm. Saft.
- 26—29 - 4 - -	- 25. - 10. a. m. — 3 - -
- 30. - 10. a. m. — 6 - -	- 26. - 10. a. m. — 5,5 - -
- 1. Dcbr. 11. a. m. — 7 - -	- 27. - 10. a. m. — 6 - -
- 3. - 10. a. m. — 9 - -	- 28. - 10. a. m. — 8 - -
Unter Kautschukverband.	- 29.-30. - 9 - -
7. Dcbr. 9. a. m. — 16 Mm. Saft.	- 31. - 10. a. m. —**11** - -
- 9. - 10. a. m. — 19 - -	Später der Saft gesunken. —
- 10. - 10. a. m. — 20,5 - -	
- 11-12. - 10. a. m. — 23,5 - -	
- 13. - 10. a. m. — 25 - -	
- 14. - 10. a. m. — 27 - -	
- 15. - 10. a. m. — 30 - -	
- 16-17. - 10 a. m. — **30** - -	

Versuch 40. Siphocampylus luteus. Aufgestellt den 17. April um 1 Uhr Nachmittags. Die Länge des Stammes 278 Mm., im Abschnitt 9 Mm.; einige Blätter; der innere Durchmesser der Steigröhren 7 Mm.

Wurzel.

Das Bluten begann bald nach der Aufstellung.

Datum	Zeit	Saft
Den 18. April	9. a. m. —	10 Mm. Saft.
- 19. -	10. a. m. —	49 - -
- 20. -	10. a. m. —	101 - -
- 21. -	9½. a. m. —	154 - -
- 22. -	9. a. m. —	188 - -
- 23. -	9. a. m. —	**200** - -
Unter Kautschukverband.		
- 25. April	9. a m. —	194 - -
- 26. -	9. a. m. —	190 - -
- 27. -	10. a. m. —	188 - -

Stamm.

Datum	Zeit	Saft
Den 20. April	Saft in der Steigröhre	
- 21. -	9½ a. m. —	13 Mm. Saft
- 22.-23. -	9 a. m. —	**15** - -
- 24. -	9 a. m. —	12 - -

Bei dem Herausheben des Stammes aus dem Wasser erwies sich, dass alle jungen Theile desselben und die Blätter aufgeweicht waren. —

D) Unbestimmte Ergebnisse und gleiche Druckkräfte der Wurzel und des Stammes.

Versuch 41. Thuja occidentalis. *a.* Aufgestellt den 21. November um 2 Uhr p. m.

Wurzel.

Datum	Zeit	Saft
Den 24. Nvbr.	9 a. m. —	9 Mm. Saft.
- 25. -	9 a. m. —	16 - -
- 26. -	9 a. m. —	22 - -
- 27. -	9 a. m. —	30 - -
- 28. -	9 a. m. —	37,5 - -
- 29. -	10 a. m. —	45,5 - -
- 30. -	10 a. m. —	54 - -
- 1. Dcbr.	11 a. m. —	59 - -
- 2. -	12 n. —	69,5 - -
Unter Kautschukverband		
- 7. Dcbr.	9 a m. —	76 - -
- 9. -	10 a. m. —	82,5 - -
- 10. -	10 a. m. —	83 - -
- 11.-12. -	10 a. m. —	84 - -
- 13.-15. -		90 - -
- 16. -	10 a. m. —	96,5 - -
- 17. -	10 a. m. —	102 - -
- 23. -	10 a. m. —	108 - -
- 25. -	10 a. m. —	114 - -
- 30. -	10 a. m. —	120 - -
- 31. -	—	123 - -
- 1. Januar	10 a. m. —	126 - -
- 2. -	10 a. m. —	130 - -

Stamm.

Datum	Zeit	Saft
Den 22. Dcbr.	trat der Saft hervor.	
- 23. -	10 a. m. —	5,5 Mm. Saft
- 24. -	10 a. m. —	12 - -
- 25. -	10 a. m. —	18 - -
Unter Kautschukverband		
- 27. Dcbr.	10 a. m. —	30 - -
- 28. -	10 a. m. —	34 - -
- 29. -	10 a. m. —	40 - -
- 30. -	10 a. m. —	42,5 - -
- 31. -	10 a m. —	45,5 - -
- 1 Januar	10 a. m. —	47 - -
- 2. -	10 a. m. —	50 - -
- 3. -	10 a m. —	51 - -
- 9. -	10 a. m. —	54 - -
- 10. -	10 a. m. —	57 - -
- 15. -	10 a. m. —	60 - -
- 17. -	10 a. m. —	63,5 - -
- 28. -	—	**65** - -

Wurzel.	Stamm.
Den 3. Januar 10 a. m. — 131 Mm. Saft	
- 4. - 10 a. m. — 137 - -	
- 8.-9. - — 142 - -	
- 10. - — 145 - -	
- 11. - 10 a. m. — 147,5 - -	
- 15. - 10 a. m. — 150 - -	
- 19. - — 154 - -	
- 21. - — 155,5 - -	
- 23.-28.- — **157** - -	
Später allmählig gesunken.	

Versuch 42. Thuja occidentalis. *b.* Aufgestellt den 11. April um 2 Uhr Nachmittags. Die Schnittflächen und der innere Durchmesser der Steigröhren — 7 Mm.

Wurzel.	Stamm.
Den 12. April 5 p. m. — 6,7 Mm. Saft	Den 26. April Saft in der Steigröhre
- 13. - 9 a. m. — 15 - -	- 27. - 10 a. m. — 11 Mm. Saft
- 14. - 9 a. m. — 23,5 - -	- 28. - 10 a. m. — 20,2 - -
- 15. - 9 a. m. — 31 - -	- 29. - 9 a. m. — 28 - -
- 16. - 11 a. m. — 39 - -	- 30. - 9 a. m. — 35 - -
- 17. - 2 p. m. — 48 - -	- 1. Mai 9 a. m. — 41 - -
- 18. - 9 a. m. — 53 - -	Unter Kautschukverband
- 19. - 10 a. m. — 57,5 - -	- 4. Mai 9 a. m. — 58 - -
- 20. - 10½ a. m. — 61 - -	- 5. - 9 a. m. — 63 - -
- 21. - 9 a. m. — 63 - -	- 6. - 9 a. m. — 67 - -
- 22. - 9 a. m. — 66 - -	- 7. - 9 a. m. — 72 - -
- 23. - 9 a. m. — **69** - -	- 8. - 9 a. m. — 76 - -
- 24. - 9 a. m. — 60 - -	- 9. - 9 a. m. — 80 - -
Der Saft nicht wieder gestiegen. —	- 10. - 9 a. m. — 85 - -
	- 11. - 9 a. m. — 89 - -
	- 12. - 9 a. m. — 91,5 - -
	- 13.-14. - 9 a. m. — 93 - -
	- 15. - 9 a. m. — 95 - -
	- 16. - 9 a. m. — 96 - -
	- 17. - 9 a. m. — **98** - -
	- 18. - 9 a. m. — 96,5 - -
	- 19. - 9 a. m. — 96,2 - -
	- 21. - 9 a. m. — 96 - -
	- 22.-23. - — 95 - -
	- 26.-27. - — 93 - -

Versuch 43. Acacia leptophylla. Aufgestellt den 16. April um 11 Uhr am Morgen. Die Länge des Stammes 578 Mm.; darauf 9 doppelt gefiederte Blätter; im Abschnitt des Stammes und der innere Durchmesser der Steigröhren — 5 Mm.

Wurzel.	Stamm
Den 16. April Saft in der Steigröhre	Den 17. April 3 p. m. — 18 Mm. Saft
- 17. - 9 a. m. — 51 Mm. Saft	- 18. - 9 a. m. — 47,5 - -
- 18. - 9 a. m. — 95 - -	- 19. - 10 a. m. — 72 - -
- 19. - 10 a. m. — 113 - -	- 20. - 10½ a. m. — 94 - -
- 20. - 10½ a. m. — **115** - -	- 21. - 9½ a. m. — 105 - -
- 21. - 9½ a. m. — 114 - -	- 22. - 9 a. m. — 109 - -
- 22. - 9 a. m. — 112 - -	- 23. - 9 a. m. — 120,5 - -
- 23. - 9 a. m. — 110 - -	- 24. - 9 a. m. — 113 - -
- 24. - 9 a. m. — 108 - -	- 25. - 9 a. m. — **115** - -
- 25. - 9 a. m. — 107 - -	- 26. - 9 a. m. — 113 - -
	- 27. - 10 a. m. — 112 - -

E) Der Stamm zeigte grössere Druckkräfte als die Wurzel.

Versuch 44. Cupressus horizontalis. Aufgestellt den 16. April um 11 Uhr am Tage.

Wurzel.	Stamm.
Den 27. April 10 a. m. — 11 Mm. Saft	Den 12. Mai Saft in der Steigröhre
- 29. - 9 a. m. — 11,5 - -	- 13. - 9 a. m. — 12 Mm. Saft
- 30. - — 12 - -	- 14. - — 13,5 - -
- 1. Mai — 12,5 -	- 15. - — 15 - -
- 3.-4. - — 13 - -	- 17. - — 18 - -
- 5. - — 15 - -	- 18. - — 20,2 - -
- 6. - — 17 - -	- 19. - — 22 - -
- 7.-10. - — 18 - -	- 21. - — 25 - -
- 11. - — 19 - -	- 22. - — 26 - -
- 12.-13. - — 20 - -	- 23. - — 27 - -
- 14. - — 20,5 - -	- 24. - — 29 - -
- 15. - — 21,5 - -	- 25. - — 30 - -
- 16.-18. - — 21 - -	- 26. - — 31 - -
- 19. - — 22 - -	- 27. - — 32 - -
- 21. - — 22 - -	- 28. - — 33 - -
- 22. - — 23,5 - -	- 29. - — 34 - -
- 23. - — 24 - -	- 30. - — 34,5 - -
- 24.-25. - — **24,5** - -	- 31.-1. - — 34 - -
Später der Saft gesunken.	- 2. Juni — **35** - -

Versuch 45. Prunus Laurocerasus. Aufgestellt den 16. April um 11 Uhr Vormittags. Der ältere Stammtheil 48 Mm. lang, ein junger Terminaltrieb 128 Mm. lang, ein junger Seitentrieb 39 Mm. lang; 13 Blätter; im Abschnitt des Stammes 4½ Mm.

Wurzel.	Stamm.
Den 18. April 9 a. m. — 15 Mm. Saft	Den 19. April Saft in der Steigröhre.
- 19. - 10 a. m. — 19,5 - -	- 20. - 10½ a. m. — 21,5 Mm. Saft
- 20. - 10½ a. m. — 23 - -	- 21. - 9½ a. m. — 25 - -
- 21. - 9½ a. m. — 26,5 - -	- 22. - 9 a. m. — 36 - -
- 22. - 9 a. m. — 29 - -	- 23. - — 48 - -

Wurzel.

Den 23. April		— 30,5 Mm. Saft
- 24.-25. -		— **31** - -
- 26.-27. -		— 30 - -
- 28. -		— 28,5 - -

Stamm.

Den 24. April		— 50 Mm. Saft
- 25. -		— 53 - -
- 26. -		— 51 - -
- 27.-28. -		— 48 - -
Das Wasser gewechselt		
- 1. Mai	9 a. m.	— 51 - -
- 2. -		— 54 - -
- 3. -		— 56 - -
- 4. -		— 58 - -
- 5. -		— 59 - -
- 6.-8. -		— **60** - -
- 9. -		— 59 -
- 10. -		— 59,5 -
- 11. -		— 57,5 - -
- 12.-13. -		— 57 - -

Versuch 46. Cupressus funebris. Aufgestellt den 16. April um 11 Uhr Morgens.

Wurzel.

Den 17. April		Saft in der Steigröhre
- 18. -	9 a m.	— 15 Mm. Saft
- 19. -	10 a. m.	— 20 - -
- 20. -		— 24 - -
- 21. -	9½ a. m.	— 26 - -
- 22. -	9 a. m.	— 27,5 - -
- 23. -		— 29 - -
- 24. -		— 30 - -
- 25.-1. Mai		— 31 - -
- 2.-3. -		— 32 - -
- 4.-5. -		— 33 - -
- 6.-7. -		— 33,5 - -
- 8.-9. -		— 34 - -
- 10.-11. -		— 33 - -
- 12. -		— 32,5 - -
- 13. -		— 32 - -
- 14. -		— 32,5 - -
- 15. -		— 34 - -
- 16. -		— 36,5 - -
- 17. -		— 37,5 - -
- 18. -		— 38 - -
- 19. -		— 39 - -
- 22. -		— 39'5 - -
- 23. -		— **40** - -
Später allmählig gesunken.		

Stamm.

Den 4. Mai		Saft in der Steigröhre.
- 5. -	9 a. m.	— 13 Mm. Saft
- 6. -		— 30 - -
- 7. -		— 49 - -
Unter Kautschukverband		
- 9. Mai		— 76 - -
- 10. -		— 80 - -
- 11. -		— 85 - -
- 12. -		— 90 - -
- 13. -		— 84 - -
- 14. -		— 96,5 - -
Unter Kautschukverband		
- 16. Mai		— 109 - -
- 17. -		— 116 - -
- 18. -		— 122,5 - -
- 19. -		— 129 - -
- 21. -		— 138 - -
- 22. -		— 142 - -
Unter Kautschukverband		
- 24. Mai	10 a. m.	— 154 - -
- 25. -	9 a. m.	— 157 - -
- 26. -	10 a. m.	— 160 - -
- 27. -	9 a. m.	— 166 - -
- 28. -		— 169,5 - -
- 29. -		— 173 - -
- 30. -		— **173,5** - -
- 31.-2. Juni		— 173 - -

F) Nur die Stämme hatten geblutet.

Versuch 47. Melia Azedarah. Aufgestellt den 16. April um 11 Uhr am Morgen. Stamm im Abschnitt — 4 Mm., mit einigen Blättern; der innere Durchmesser der Steigröhren — 5 Mm.

Wurzel.	Stamm.
	Den 18. April Saft in der Steigröhre
	- 19. - 10 a. m. — 8 Mm. Saft
	Darauf der Saft gesunken; den 23. April aus dem Wasser genommen, wobei die Blätter abfielen.

Versuch 48. Erica stricta. Aufgestellt den 16. April um 11 Uhr Morgens. Der Stamm 400 Mm. lang, im Abschnitt 3½ Mm.

Wurzel.	Stamm.
	Den 18. April Saft in der Steigröhre
	- 19. - 10 a. m. — 8 Mm. Saft
	- 20. - 10½ a. m. — 11 - -
	- 21. - 9½ a. m. — 16 - -
	- 22. - 9 a. m. — 19 - -
	- 23. - — 23 - -
	- 24. - — 25 - -
	- 25. - 9 a. m. — 25,2 - -
	- 26. - — 26 - -
	- 27. - 10 a. m. — 25 - -
	- 28. - — 24 - -
	- 29. - 9 a. m. — 23,5 - -
	- 30. - — 22,5 - -

Versuch 49. Buxus sempervirens. Aufgestellt den 11. April um 2 Uhr Nachmittags. Stammlänge 278 Mm., im Abschnitt 4½ Mm.; der innere Durchmesser der Steigröhren 5 Mm.

Wurzel.	Stamm.
	Den 17. April Saft in der Steigröhre
	- 19. - 10 a. m. — 6,5 Mm. Saft
	- 20. - 10½ a. m. — 10 - -
	- 21. - 9½ a. m. — 12,5 - -
	- 22. - 9 a. m. — 15 - -
	- 23. - — 15 - -
	- 24. - — 18 - -
	- 25. - — 19 - -
	- 26.-27. - — 19,5 - -
	Das Wasser gewechselt
	- 28. April — 23 - -
	- 29. - — 23 - -
	- 30. - — 24 - -

Wurzel.	Stamm.
	Den 1. Mai — 25 Mm. Saft
	- 2. - — 27 - -
	- 3. - — 29 - -
	- 4. - — 30 - -
	- 5. - — 32 - -
	- 6. - — 33 - -
	- 7. - — 34 - -
	- 19. - — 35 - -
	Später der Saft gesunken.

Versuch 50. Juniperus ericoides. Aufgestellt den 21. November.

Wurzel.	Stamm.
	Den 19. Januar — 11 Mm. Saft
	- 20. - — 15,5 - -
	- 21. - — 20,5 - -
	- 23. - — 25 - -
	- 24. - — 28,5 - -
	- 27. - — 36 - -
	- 28. - — 38 - -
	Später der Saft gesunken.

Versuch 51. Taxus baccata. Aufgestellt den 16. April am Vormittage. Stammlänge 377 Mm., im Abschnitt 7¾ Mm.; der innere Durchmesser der Steigröhren — 7 Mm.

Wurzel.	Stamm.
	Den 18. April Saft in der Steigröhre
	- 19. - 10 a. m. — 20 Mm. Saft
	- 20. - 10½ a. m. — 31 - -
	- 21. - 9½ a. m. — 36 - -
	- 22. - 9 a. m. — 38 - -
	- 23. - — 39,3 - -
	- 24. - — 39 -
	- 25. - — 38 -
	- 26. - — 36 - -

Versuch 52. Picea alba. Aufgestellt den 16. April am Vormittage.

Wurzel.	Stamm.
Nur etwas Flüssigkeit in der Steigröhre erhalten, welche wieder eingesogen wurde.	Den 18. April Saft in der Steigröhre
	- 19. - 10 a. m. — 16,5 Mm. Saft
	- 20. - 10 a. m. — 23 - -
	- 21. - 9 a. m. — 29 - -
	- 22. - — 34 - -
	- 23. - — 40 - -
	Unter Kautschukverband
	Das Wasser gewechselt

Wurzel.	Stamm.				
	Den	28. April	10 a. m.	— 56	Mm. Saft
	-	29. -	9 a. m.	— 62	- -
	-	30. -		— 71	- -
	-	1. Mai		— 79	- -
		Unter Kautschukverband			
	-	4. Mai		— 100	- -
	-	5. -		— 107	- -
	-	6. -		— 111	- -
	-	7. -		— 114,5	- -
	-	8. -		— 118,5	- -
	-	9. -		— 122	- -
	-	10. -		— 124	- -
	-	11. -		— **127**	- -
	-	12. -		— 126,5	- -
	-	13.-24. -		— 127	- -
	-	15. -		— 126	- -
		Später der Saft gesunken.			

Versuch 53. Pittosporum tenuifolium. Aufgestellt den 16. April um 11 Uhr Morgens. Länge des Stammes mit den längsten Trieben. 480 Mm.; 19 Verzweigungen; Blätter 294; im Abschnitt des Stammes — 5 Mm.; der innere Durchmesser der Steigröhren — 5 Mm.

Wurzel.	Stamm.				
	Den	18. April	der Saft aufgetreten		
	-	19. -	10 a. m.	— 29	Mm. Saft
	-	20. -	10½ a. m.	— 82	- -
	-	21. -	9½ a. m.	— 118	- -
	-	22. -	9 a. m.	— 136	- -
	-	23. -	9 a. m.	— 144	- -
	-	24. -		— **145**	- -
	-	25. -		— 141	- -

Bei mehreren Pflanzen dieser letzten Reihe der Versuche habe ich leider vernachlässigt Notizen in Betreff der Grösse der dazu gebrauchten Stämme zu machen, aber dieses beeinträchtigt nicht die Bedeutung der hauptsächlich bezweckten Ergebnisse. Ich hatte ja in Aussicht, den Vergleich zwischen den Druckkräften der Wurzeln und der Stämme derselben Pflanzen zu führen, theilte zu dem Zwecke jede Pflanze in zwei Stücke — Wurzel und Stamm — und unterwarf beide Theile dem Versuche, ob dabei die gebrauchten Pflanzen gross oder klein waren, bleibt sich gleich. — Einige Bedeutung in Betreff der Richtigkeit der erhaltenen Resultate kann aber vielleicht

ein anderer Umstand gehabt haben, und zwar, dass die ins Wasser versenkten belaubten Stämme in unverdeckten Glasgefässen, also ziemlich hell gehalten waren. Erst bedeutend später, aus anderen Versuchen, wie noch weiter unten davon die Rede sein wird, bin ich zu der Vermuthung gekommen, dass das Steigen des Saftes, vielleicht nur bei einigen Pflanzen, rascher und kräftiger auftritt und vor sich geht, wenn die belaubten Axentheile im Wasser dem Lichteinflusse entzogen werden. Zwar waren bei dieser letzten Reihe der Versuche die belaubten Stämme nicht den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt, sondern nur dem diffusen Lichte zugänglich, dennoch ist möglich, dass, wenn die angegebene Massregel getroffen, grössere Steighöhen erhalten, oder von denjenigen Pflanzen, deren Stämme gar nicht geblutet, dieses erreicht wäre. Die Stämme hätten also vielleicht noch grössere Druckkräfte aufgewiesen, aber auch die erhaltenen Ergebnisse sind, hinsichtlich des angeführten Zweckes, meiner Ansicht nach, nicht ohne Bedeutung; sie liefern viel mehr als ich erwartete; wir wollen übrigens diese Versuche noch etwas näher betrachten.

Von den 23 Pflanzenspecies, welche dazu genommen wurden, ist also bei 8 Species gar kein Saftsteigen, weder bei den Wurzeln, noch bei den Stämmen, beobachtet worden, die anderen 15 Arten haben sich in der Hinsicht als mehr oder weniger thätig erwiesen. — Nur bei einer Pflanze — Pittosporum Tobira — bemerken wir, dass der Stamm gar nicht, die Wurzel aber geblutet hatte, dieses aber in einem sehr schwachen Maasse: schon den folgenden Tag nach dem Aufstellen des Versuches trat der Saft in der Steigröhre auf, kein besonderes äusseres Verhältniss scheint störend eingewirkt zu haben, dennoch erhalten wir während 13 Tagen nur eine Saftsäule von 8 Millimetern. — Darauf folgen zwei Pflanzen, bei welchen die Druckkraft der Wurzeln stärker hervortritt, als die der Stämme. Von denselben ist übrigens bei Pinus insignis dieser Unterschied noch schwach ausgesprochen, denn obgleich derselbe wie 33 Mm. zu 11 ausgedrückt wird, so ist noch zu berücksichtigen, dass die 33 Mm. Saft in Verlauf von mehr als 22 Tagen gewonnen wurden, also, wenn vom 24. November gerechnet wird, beträgt das tägliche Steigen durchschnittlich zu 1,4 Millimeter; bei dem Stamme ist der durchschnittliche Ertrag, vom 24. December an, zu 1,3 Mm.;

das tägliche Steigen ist also bei beiden Theilen so ziemlich dasselbe, nur dauert der Process für den Stamm eine kürzere Zeit und verspätet sich der Beginn desselben um einen vollen Monat. Siphocampylus luteus ist eigentlich die einzige Pflanze, welche eine viel stärkere Druckkraft der Wurzel als des Stammes, 200 Mm. gegen 15 Mm., aufzuweisen hatte; dabei halte ich aber nicht für überflüssig zu bemerken, dass noch nicht ausgemacht ist, ob der Stamm nicht stärker den Saft hinaufgetrieben hätte, wenn die Blätter aus festerem Gewebe gebaut wären; oben ist die Bemerkung angeführt worden, dass, bei dem Herausheben des Stammes aus dem Wasser, die jungen Theile desselben und die Blätter ganz aufgeweicht waren, also kann vermuthet werden, dass diese Theile, wenn auch das Wasser leicht aufsaugen können, aber nicht dazu eingerichtet sind, den Saft hinreichend zu halten. — Gehen wir weiter in der Betrachtung unserer Versuche, so folgt Thuja occidentalis in zwei Exemplaren *a* und *b*, welche widersprechende Resultate lieferten; das erste, mit welchem der Versuch zur Winterzeit ausgeführt wurde, zeigt eine grössere Leistung der Wurzel im Vergleiche mit der des Stammes, wie 175 Mm. zu 65; das zweite Exemplar, welches im Frühling blutete, giebt ein entgegengesetztes Ergebniss, aber im schwächeren Verhältniss, wie 98 Mm. Saft des Stammes zu 69 der Wurzel. Ich kann diesen Widerspruch nicht erklären, aber eine Beobachtung scheint mir auf irgend ein zufälliges äusseres Verhältniss zu weisen, und zwar, dass bei der Wurzel *b* der Saft vom 23. April auf den 24. mit einem Male von 69 auf 60 Mm. rasch gesunken ist und nicht wieder zum Steigen zu bringen war; ob vielleicht die Wurzel eine wunde Stelle gehabt oder andere Ursachen eingewirkt haben, ist mir unbekannt. Deshalb will ich von diesem doppelten Versuche nur noch bemerken, dass das raschere Eintreffen des Blutens zur Frühlingszeit besonders für den Stamm, dafür spricht, dass diese Jahreszeit auch für eine Gewächshauspflanze günstiger in der Hinsicht ist als die Winterzeit; für die Wurzel ist der Unterschied nicht so bedeutend, und zwar blutete *a* im November nach 3 Tagen, *b* im April schon am folgenden Tage, für den Stamm aber ist dieses Verhältniss mit 30 Tagen zu 15 ausgedrückt. — Acacia leptophylla ist in der Hinsicht eine interessante Pflanze, dass hier die Druckkräfte der Wurzel und des Stammes sich so ziemlich das Gleich-

gewicht halten; bei beiden werden zu 115 Mm. Steighöhe erreicht; der Anfang des Blutens ist bei dem Stamme nur um einen Tag, der höchste Punkt des Steigens um 5 Tage verspätet; bei beiden ist ein ziemlich rasches und ergiebiges Bluten zu bemerken und fällt mehr in die ersten Tage des Versuches. — Weiter folgen drei Pflanzen, bei welchen die Druckkräfte in den Stämmen stärker vertreten sind als in den Wurzeln. Bei Cupressus horizontalis ist dieses Verhältniss wie 35 Mm. zu 24,5 ausgedrückt; der Gang des Zuwachses der Saftsäulen ist ziemlich gleichmässig, aber für den Stamm etwas ausgiebiger; wenn wir für die Wurzel vom 27. April und für den Stamm vom 13. Mai anfangen zu rechnen, so erhalten wir für die Wurzel ungefähr zu $\frac{1}{2}$ Mm., für den Stamm etwas mehr als zu 1 Mm. des täglichen durchschnittlichen Steigens; ausserdem beginnt das Bluten der Wurzel nach 11 Tagen, des Stammes fast nach einem Monate. Bedeutender ist der Unterschied zwischen Wurzel- und Stammdruck bei Prunus Laurocerasus zu Gunsten des letzteren, und zwar fast um das Doppelte; der Vergleich des durchschnittlichen täglichen Steigens ist hier weniger angewandt, denn für den Stamm sind 7 Tage, vom 25. April bis zum 2. Mai, wahrscheinlich in Folge nebensächlicher äusserer Verhältnisse, ohne Steigen des Saftes verflossen, das raschere Auftreten desselben ist für die Wurzel, vom 18. April an — zwei Tage zu 4 Mm. und zwei Tage zu 3, für den Stamm, vom 20. April an, in drei Tagen — 4,11 und 12 Mm.; der Beginn des Blutens ist für den Stamm nur um zwei Tage verspätet, der Verlauf desselben dauert aber mehrere Tage länger. Zuletzt die dritte Pflanze — Cupressus funebris, weist mehr als ein vierfaches Uebermaass des Stammdruckes — 173,5 Mm. zu 40 Mm. der Wurzel; die Dauer des Steigens ist für die Wurzel sogar länger als für den Stamm — 36 und 26 Tage; der tägliche Ertrag ist für die Wurzel durchschnittlich etwas mehr als 1 Mm., in den ersten Tagen werden vom 18. April an — 6, 3, 2 Mm., später — weniger gewonnen, für den Stamm erhalten wir im Durchschnitt zu 6,6 Mm. täglich und das raschere Steigen während der ersten vier Tage, vom 5. Mai an, findet in folgenden Zahlen seinen Ausdruck: 6,19 und in 2 Tagen 27 Millimeter. Zu der letzten Gruppe, wo die Wurzeln gar nicht, aber die Stämme geblutet haben, gehören 7 Pflanzen. Von denselben hatte der Stamm der Melia nur 10 Mm. Saft im Verlauf

von 2 Tagen hinaufgebracht, aber diese Pflanze ist wieder von denjenigen, deren Blätter aus zart gebauten Geweben bestehen und vielleicht in Folge dessen nur ein schwaches Saftsteigen ermöglichen. Bei den anderen sechs Pflanzen erhalten wir folgende Steighöhen des Saftes: Erica — 26 Mm. Buxus — 35 Mm., Juniperus ericoides — 38, Taxus — 39,3, zuletzt Picea — 127 und Pitosporum tenuifolium — 145 Mm. Von diesen 7 Pflanzen ist nur Juniperus ericoides zur Winterzeit dem Versuche unterwerfen; hier treffen wir auch wieder auf einen sehr langen Zeitraum vor dem Anfange des Blutens, und zwar fast zwei Monate, vom 21. November bis zum 19. Januar; darauf folgt eine verhältnissmässig kurze Dauer von 9 Tagen des Steigens. Bei Buxus sind noch 6, bei den fünf anderen Pflanzen nur zwei Tage vor dem Beginne des Blutens nöthig gewesen. Von den zwei letzten Pflanzen, welche die grössten Steighöhen aufzuweisen hatten, bemerken wir bei Picea einen ziemlich gleichmässigen Verlauf des Processes, in 24 Tagen 127 Mm., also durchschnittlich ungefähr zu 5 Mm., in den ersten Tagen erfolgte ein etwas rascheres Steigen als in den folgenden. Bei Pittosporum tenuifolium dauert das Bluten nur 6 Tage und verläuft ziemlich stürmisch, wie die folgenden Zahlen des täglichen Steigens aufweisen: 29, 53, 36, 18, 8 und 1 Millimeter, also durchschnittlich zu 24 Mm.

Betrachten wir die ganze Reihe dieser vergleichenden Untersuchungen, so erweist sich, dass die Zahl derjenigen Pflanzen, welche eine stärkere Druckkraft der Stammtheile oder nur dieser allein aufweisen, bedeutend grösser ist als die der Pflanzen, von welchen die Wurzeln eine grössere Thätigkeit bemerken lassen; ich will damit freilich nicht gesagt haben, dass dieses Verhältniss für alle anderen Pflanzen seine Gültigkeit haben wird, dies müssen noch viele andere Versuche aufklären, aber für die angeführten, ohne Wahl, so gesagt, zufällig genommenen Pflanzen ist dieses Verhältniss ausgedrückt. Ausserdem folgt aus diesen Versuchen wie aus den früheren, dass die Eigenschaft — bei gewissen Verhältnissen in den Zustand des Blutens zu gelangen, für die Stammorgane eine weit verbreitete, vielleicht allgemeine ist; ich sage, eine allgemeine, denn auch in denjenigen Fällen, wo kein Saftsteigen zu bemerken war, ist noch durchaus nicht erwiesen, dass solchen Stämmen die Druckkraft ganz abgeht; wir müssen berücksichtigen, dass die Stammtheile bei derarti-

gen Versuchen in eine künstliche Lage versetzt werden, dass dieselben durch die Blätter das Wasser aufsaugen müssen, welche von der Natur nicht darauf angewiesen sind den Stamm damit in bedeutenden Mengen und eine längere Zeit hindurch zu versorgen und ausserdem den Saft zu halten; diese Organe haben nicht den dazu entsprechenden Bau, also kann leicht vorkommen, dass bei manchen Pflanzen die Aufnahme des Wassers gar nicht geschieht, oder sehr erschwert wird, langsam und in ungenügendem Maasse vor sich geht, zuletzt, wenn der Aufsaugung auch kein besonderes Hinderniss in den Weg gelegt ist, so sind die Blätter in einigen Fällen so zart gebaut, dass der Saft gar nicht oder wenig gehalten werden kann. — Die Wurzeln sind bei solchen Versuchen viel günstiger gestellt; ihrer Organisation und Funktion gemäss, liegt ihnen nichts im Wege, sofort das Wasser aufzunehmen und fortzuleiten; wenn also die Wurzeln der einen oder anderen Pflanze keine Erscheinungen des Blutens oder selbige in schwachem Maasse aufweisen, so ist Grund vorhanden anzunehmen, dass ihnen diese Eigenschaft abgeht, oder nur beschränkt zukommt. Freilich ist auch zugleich ausser Zweifel gestellt, dass bei manchen oder vielen Pflanzen der Wurzeldruck unvergleichlich grösser ist als die Druckkraft der Stammtheile, wie z. B. bei dem Weinstocke.

Schliesslich führe ich noch die Bemerkung an, dass aus den Versuchen dieser Reihe und dem Versuche 3 zu ersehen ist, dass den Coniferen die Eigenschaft des Blutens eben so wenig abgeht, wie den anderen Pflanzen; jede von den darauf hin untersuchten Coniferen hatte mehr oder weniger geblutet. So erwies sich aus dem Versuche 3, dass der belaubte Zweig von Pinus sylvestris eine verhältnissmässig bedeutende Druckkraft entwickelt hatte; über den Wurzeldruck dieser Pflanze habe ich nicht die Gelegenheit gehabt Versuche anzustellen; bei P. insignis, Thuja occidentalis, Cupressus horizontalis und C. funebris haben die Wurzeln wie die Stämme Druckkräfte gezeigt; bei Juniperus ericoides. Taxus baccata und Picea alba bluteten nur die Stämme.

VI.

Bei allen von mir ausgeführten Versuchen des Blutens, auch in denjenigen Fällen, wo ein ziemlich rasches und ergiebiges Steigen des Saftes beobachtet wurde, sind keine periodischen Schwankungen desselben vorgekommen: wenn der Saft seine grösste Höhe in der Steigröhre erreicht hatte, trat ein mehr oder weniger rasches Sinken desselben ein. Dies könnte nun vielleicht in Folge der angewandten Versuchsweise entstanden sein, bei welcher die Pflanzenorgane etwa nicht ihre volle Druckkraft in Anwendung gebracht, indem die Gewebe derselben während des längeren Zeitraumes der Versuche möglicher Weise einigen Veränderungen unterlagen, ehe die höchste Steighöhe des Saftes erreicht wurde. Es wäre also wohl nicht überflüssig einige Versuche anzustellen, bei welchen vom Anfang an der Saft der zu untersuchenden Zweige unter einen Druck versetzt wird, oder sogleich nach dem Auftreten des Saftes Quecksilber-Manometer, anstatt der einfachen Steigröhren, eingesetzt werden.

Versuch 54. Pinus sylvestris. In einem Glassgefäss, welches mehrschichtig mit Papier umwickelt, wurde ein Zweig unter Wasser gebracht; der Abschnitt desselben mittels eines Kautschuckschlauches mit einem dreischenkeligen Manometer verbunden, in welchen soviel Quecksilber eingegossen, dass die Schnittfläche sogleich unter einen Druck von 20 Mm. versetzt war. Darauf stellte sich bald ein so starkes Saugen des Wassers aus dem Manometer ein, dass nach einer halben Stunde das Quecksilber auf Minus 30 Mm. zu stehen kam, also 50 Mm. Wasser aus dem Manometer aufgenommen waren, und das Quecksilber bald darauf in den ersten Schenkel des Manometers und also auf die Zweigschnittfläche überfloss. Der Manometer wurde abgenommen, nochmals mit Wasser und Quecksilber gefüllt, aber so, dass der Zweig, bei starkem Saugen, eine viel längere Quecksilbersäule zu heben hatte; dadurch konnte freilich ein rascheres Saftsteigen künstlich verursacht werden. Als ich nach sechs Stunden meinen Versuchszweig beobachtete, erwies sich, dass die Wassersäule im Manometer in zwei Portionen getheilt war; das Wasser wurde also so stark aufgesogen und das Quecksilber gehoben, dass ein Gaz-Ausströmen dabei stattfand und das Quecksilber im Manometer freilich sinken musste. Da dieser Versuch in Folge des zu starken Saugens durch die Schnittfläche misslang, wurde bei den hierauf folgenden anders verfahren.

Versuch 55. Prunus Cerasus. Am 2. Juli um 1 Uhr Nachmittags wurde ein Zweig, mit einem Steigrohre versehen, in einem unverdeckten Glassgefässe unter Wasser gebracht, aber sogleich in das Steigrohr Wasser eingegossen und so lange erneuert, bis das Saugen fortdauerte, und zwar bis zum 4. Juli um 10 Uhr am Morgen; darauf stellte ich ein Monometer ein, in welchem das Quecksilber in den zwei äussersten Schenkeln auf gleichem Niveau stand. Nun traf ein schwaches Steigen und Sinken des Quecksilbers periodisch ein; den 4. Juli um 4 p. m.: + 2,3 Mm.; um 6 p. m.: + 4 Mm., um 9 p. m.: 9; den 5. Juli um 6 a. m.: — 0, um 12 d.: + 2 Mm. um 4 p. m.: + 3 Mm., um 11 p. m.: — 0; den 6. Juli während des Tages stieg noch das Quecksilber bis 0 hinauf, den 7. Juli den ganzen Tag unter 0. — Bei diesem Versuche war also wie bei Pinus ein starkes Wassersaugen durch die Zweigschnittfläche eingetroffen, welches zwei Tage dauerte; also ist auch in diesem Falle in Betreff des rascheren und ergiebigeren Saftsteigens nichts gewonnen. — Zu derselben Zeit und später führte ich noch einige Versuche aus, bei welchen die belaubten Zweige zuerst, auf die gewöhnliche Weise, mit Steigröhren versehen und unter Wasser gehalten, zum Bluten gebracht wurden, darauf die Steigröhren abgenommen und statt derselben Manometer eingesetzt.

Versuch 56. Prunus Cerasus. Ein zweijähriger Zweig von 275 Mm. der Mittelaxe und 5 Zweigen von verschiedener Länge; im Abschnitt 5 Mm., Blätter 77. Aufgestellt den 30. Juni um 1 Uhr Nachmittags in einem unverdeckten Glasgefäss, welche am N. W. Fenster den Tag über dem diffusen Lichte, am Abend den directen Sonnenstrahlen ausgesetzt war. Den 3. Juli um 7½ Uhr am Morgen trat der Saft in der Steigröhre auf, welche um diese Zeit abgenommen und durch ein Manometer ersetzt wurde.

Tag	Stunde	Temperatur des Wassers °C.	Queck-silberstand Mm. Differenz
Den 3. Juli	12 d.	—	11
- 3. -	4 p. m.	—	16
- 3. -	7 p. m.	—	20
- 3. -	11 p. m.	—	16
- 4. -	8 a. m.	21,5	22

Tag	Stunde	Temperatur des Wassers °C.	Queck-silberstand Mm. Differenz
Den 4. Juli	12 d.	21,5	26
- 4. -	4 p. m.	21,7	25,6
- 4. -	6 p. m.	25	26
(unter Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen)			
Den 4. Juli	9 p. m.	24	26
- 5. -	6 a. m.	—	14
- 5. -	12 d.	—	12
- 5. -	4 p. m.	—	7,2
- 5. -	11 p. m.	—	0

Den 6. Juli den ganzen Tag auf 0, den 7. Juli um 9 Uhr am Morgen — unter 0. — Bei diesem Versuche, wie bei dem vorletzten ist wieder ein schwaches Quecksilberschwanken zu bemerken.

Versuch 57. Betula alba. Ein schlanker Zweig mit langen dünnen überhängenden Zweigen; die grösste Länge mit den dünnsten Endzweigen gemessen — 1200 Mm.; unter der Schnittfläche ein 5 Mm. breiter Rindenring vom Holze, welcher 7 Jahresringe hatte, abgenommen; Blätter 363. Aufgestellt am 11. Juli um 10 Uhr Vormittags in einem unverdeckten Glassgefässe; da aber bis zum 14. Juli um 10 Uhr am Morgen noch kein Bluten erfolgte, wurde um diese Zeit das Glasgefäss mehrschichtig mit Papier umwickelt. Den 15. Juli um 5 Uhr Nachmittags war der Saft in der Steigröhre 6 Mm. hoch angesammelt, um 10 Uhr — 17 Mm.; den 16. Juli um 8 Uhr am Morgen — 37 Mm.; um 10 Uhr Vormittags die Steigröhre durch ein Manometer ersetzt, dabei 24 Mm. Quecksilber über Niveau eingegossen; darauf sank das Quecksilber auf 22 Mm. Differenz, um bald wieder, gegen 11 Uhr, auf 25 Mm. Differenz, um 12 Uhr auf 35 Mm. Differenz zu steigen.

Tag	Stunde	Temperatur des Wassers °C.	Queck-silberstand Mm. Differenz
Den 16. Juli	12 d.	24,5	35
- 16. -	1 p. m.	24,5	44
- 16. -	5 p. m.	25	68
- 16. -	7 p. m.	25,3	73
- 16. -	8½ p. m.	25	75
- 16. -	10 p. m.	25	75
- 17. -	6 a. m.	24,5	70
- 17. -	10 a. m.	24,5	68
- 17. -	2 p. m.	25,5	68
- 17. -	4 p. m.	25,9	68
- 17. -	5 p. m.	26	69
- 17. -	11 p. m.	26	69
- 18. -	9 a. m.	25,3	69
- 18. -	3 p. m.	28,9	68
18. -	10 p. m.	26	68
- 19. -	8 a. m.	25	66
- 19. -	12 d.	25,5	66
- 19. -	11 p. m.	26,5	63
- 20. -	8 a. m.	25	61
- 20. -	12 d.	25,3	59
- 20. -	3 p. m.	25,5	58

Versuch 58. Sorbus Aucuparia. Ein Zweig mit 60 zusammengesetzten Blättern; die Mittelaxe desselben 200 Mm. lang mit drei langen Zweigen (485,500 und 300 Mm.); der Abschnitt 8¼ Mm. im Durchmesser. Aufgestellt den 11. Juli um 10 Uhr Vormittags in einem mit Papier mehrschichtig umwickelten Glassgefäss; den 13. Jnli um 8 Uhr Abends trat der Saft in der Steigröhre 10 Mm. hoch auf, den 14. Juli um 7½ Uhr am Morgen — 40 Mm.; um 8 Uhr ein Manometer eingesetzt mit 40 Mm. Quecksilber-Differenz, welche darauf auf 24 Mm. sank, aber um 5 Uhr am Nachmittage wieder auf 29,5 Mm. Differenz stieg.

Tag	Stunde	Temperatur des Wassers °C.	Queck-silberstand Mm. Differenz
Den 14. Juli	5 p. m.	24	29,5
- 14. -	10¼ p. m.	24	40
- 15. -	6 a. m.	24	46
- 15. -	12 d.	24	49
- 15. -	4 p. m.	23	41
		Das Fenster geöffn. bei kühl. Winde	
- 15. -	6½ p. m.	24,5	30
- 15. -	10 p. m.	24,5	20
16. -	8 a. m.	24,3	— 14

im Manometer sammelten sich Luftblasen an.

Versuch 59. Prunus Cerasus. Ein Zweig von 317 Mm. Länge der Mittelaxef davon 227 zweijährig und 90 einjährig mit 12 Zweigen von verschiedener Länge; im Abschnitt 7 Mm.; Blätter 151. Aufgestellt den 20. Juli um 4 Uhr Nachmittags in einem mit Papier umwickelten Glassgefäss; den 21. um 9½ Uhr Abends trat der Saft in der Steigröhre auf; um 11 Uhr — 10 Mm. Saft; den 22. um 8½ am Morgen — 68½ Mm. Saft; die Steigröhre durch ein Monometer ersetzt, dabei 15 Mm. Quecksilber-Differenz, worauf sogleich das Steigen begann.

Tag	Stunde	Temperatur des Wassers °C.	Queck-silberstand Mm. Differenz
Den 22. Juli	9 a. m.	24	18
- 22. -	10 a. m.	24	29
- 22. -	11 a. m.	24	38
- 22. -	1 p. m.	24,3	55
- 22. -	2 p. m.	24,5	64
- 22. -	3 p. m.	24,5	70
- 22. -	4 p. m.	24,7	76,5
- 22. -	5 p. m.	24,8	82
- 22. -	6½ p. m.	25	88
- 22. -	9½ p. m.	25	106

Tag	Stunde	Temperatur des Wassers °C.	Queck-silberstand Mm. Differenz
Den 22. Juli	11 p. m.	25	111
- 22. -	12 n.	25	114
- 23. -	2 a. m.	25	116
- 23. -	9 a. m.	24,5	108
- 23. -	10 a. m.	24,5	107
- 23. -	11 a. m.	24,5	103
- 23. -	1 p. m.	25	98
- 23. -	4 p. m.	25,7	89
- 23. -	6 p. m.	26	83
- 23. -	10½ p. m.	25,5	61
- 24. -	6 a. m.	25	33
- 24. -	8 a. m.	24,5	26
		Das Fenster geöffn.	
- 24. -	11 a. m.	25	19
- 24. -	2 p. m.	25 5	12
- 24. -	4 p. m.	25,8	8
- 24. -	6 p. m.	26	5
- 24. -	10½ p. m.	26	3
- 25. -	7 a. m.	24,5	3

Versuch 60. Pinus sylvestris. Ein belaubter Zweig mit drei Zweigwirteln; seine Mittelaxe 355 Mm. lang: 165 vierjährig, 90 dreijährig, 40 zweijährig und 60 Mm. des Frühlingstriebes; der Abschnitt 10,4 Mm. im Durchmesser. Aufgestellt den 20. Juli um 5 Uhr Nachmittags in einem mit Papier umwickelten Glassgefäss; den 22. Juli um 12¼ Nachmittags 7 Mm. Saft in der Steigröhre; um 1½ Nachmittags den Manometer eingestellt, wobei 21 Mm. Quecksilber-Differenz.

Tag	Stunde	Temperatur des Wassers °C.	Queck-silberstand Mm. Differenz
Den 22. Juli	1½ p. m.	24,4	21
- 22. -	2 p. m.	24,5	25
- 22. -	3 p. m.	24,5	26
- 22. -	4 p. m.	24,7	30

Tag	Stunde	Temperatur des Wassers °C.	Queck-silberstand Mm. Differenz
Den 22. Juli	5 p. m.	24,8	33
- 22. -	6½ p. m.	25	37,5
- 22. -	9½ p. m.	25	45
- 22. -	11 p. m.	25	47
- 22. -	12 n.	25	49
- 23. -	2 a. m.	25	53
- 23. -	9 a. m.	24,5	63
- 23. -	10 a. m.	24,5	65
- 23. -	11 a. m.	24,5	66
- 23. -	1 p. m.	25	69
- 23. -	4 p. m.	25,7	75
- 23. -	6 p. m.	26	78
- 23. -	10½ p. m.	25,5	81
- 24. -	6 a. m.	25	85
- 24. -	8 a. m.	24,5	86
		Das Fenster geöffn.	
- 24. -	11 a. m.	25	89
- 24. -	2 p. m.	25,5	92
- 24. -	4 p. m.	25,8	92
- 24. -	6 p. m.	26	92
- 24. -	10½ p. m.	25	92
- 25. -	7 a. m.	24,5	93
- 25. -	10 a. m.	24,5	96
- 25. -	1 p. m.	24,8	102
- 25. -	4 p. m.	25,8	105
- 25. -	10½ p. m.	25,3	108
- 26. -	7 a. m.	25,1	110
- 26. -	11 a. m.	25,5	112
- 26. -	3 p. m.	26	114
- 26. -	7 p. m.	26,5	114
- 26.	11 p. m.	26	113
- 27. -	7½ p. m.	25,5	110
- 27. -	11 a. m.	25,8	110
- 27. -	3 p. m.	26,1	109

Tag	Stunde	Temperatur des Wassers °C.	Queck-silberstand Mm. Differenz
Den 27. Juli	10 p. m.	24,7	107
- 28. -	8 a. m.	24	105
- 28. -	1 p. m.	23,5	104
- 28. -	6 p. m.	23,5	103
- 28. -	10 p. m.	23,5	102
- 29. -	9 a. m.	24	101
- 29. -	2½ p. m.	23,5	100
- 29. -	10½ p. m.	23	98
- 30. -	9½ a. m.	23	96
- 30. -	4 p. m.	23,5	95
- 30. -	11 p. m.	23,3	94

Versuch 61. Populus pyramidalis. Ein Zweig mit 155 Blättern, dessen Mittelaxe 223 Mm. lang, zweijährig, 9 Mm. im Abschnitt, mit 10 Zweigen von verschiedener Länge; dass Wassergefäss mit Papier umwickelt. Aufgestellt den 24. Juli um 1 Uhr Nachmittags, den 25. Juli um 7 Uhr Morgens — Saft in der Steigröhre, um 9 Uhr – 17 Mm.; um diese Zeit ein Manometer eingestellt, dabei 5 Mm. Quecksilber-Differenz.

Tag	Stunde	Temperatur des Wassers °C.	Qneck-silberstand Mm. Differenz
Den 25. Juli	4 p. m.	26,1	6
- 25. -	10½ p. m.	25,3	7
- 26. -	7 a. m.	25,5	24
- 26. -	11 a. m.	26	30
- 26. -	3 p. m.	26	30
- 26. -	7 p. m.	26,7	28
- 26. -	11 p. m.	26	23
- 27. -	7½ p. m.	26	5
- 27. -	11 a. m.	26,1	1,5
- 27. -	3 p. m.	26,5	1
- 27. -	10 p. m.	26	0

Wie oben schon gesagt, bin ich in Folge einiger Beobachtungen zu der Vermuthung gekommen, dass belaubte Axenorgane rascher das Bluten erfolgen lassen, wenn sie dem Lichteinflusse entzogen werden; diese noch sehr unvollständige Beobachtungen mögen hier noch angeführt werden. Zu den Versuchen mit belaubten Zweigen, welche im Verlaufe des ersten Sommers meiner Untersuchungen ausgeführt sind, wurden irdene Gefässe gebraucht, deren Wände also undurchsichtig waren, welche aber oben unzugedeckt blieben; die Lichteinwirkung durch die umfangreiche obere Oeffnung war also nicht verhindert; dabei ging das Bluten ziemlich rasch und ergiebig vorwärts. Zu den Versuchen 38 bis 52 wurden unbedeckte Glassgefässe gebraucht, aber auch hier erfolgte mehr oder weniger, bei mehreren dieser Pflanzen sogar ein ergiebiges und rasches Saftsteigen der Stämme. Diesen Versuchen zu Folge war ich längere Zeit der Ansicht, dass die Lichteinwirkung nicht störend in den Beginn und weiteren Verlauf des Blutens eingreift; dabei konnten die unter Wasser gehaltenen Spaltöffnungen entweder geschlossen sein, oder, wenn dieses nicht der Fall gewesen, war ja möglich, dass gerade das Offenbleiben derselben den Process des Blutens sogar begünstigt, indem das Wasser leichteren Zutritt zu den inneren Geweben der Blätter hätte. Aber, wie gesagt, einige spätere nur eigentlich an drei Pflanzenarten gemachte Beobachtungen haben mich, wie sogleich angeführt werden soll, zu einer anderen Vermuthung geführt. — Bei einem Zweige von Prunus Cerasus, welcher im unverdeckten Glassgefäss unter Wasser gehalten wurde, erfolgte das Saftsteigen zwar schon nch 24 Stunden mit 14 Mm. Steighöhe, aber dieselbe wuchs in den darauf folgenden vier Tagen nur auf 49 Mm. an, darauf begann der Saft wieder zu sinken; dieser Zweig war 357 Mm. lang, 4 Mm. dick im Abschitt und hatte 3 Frühlingstriebe mit 50 Blättern. Die Versuche 55 und 56, ebenfalls mit Kirschbaumzweigen ausgeführt, weisen im Vergleiche mit dem Versuche 59 auch nur schwache Druckkräfte nach. Dem gegenüber erfolgte bei den Versuchen 5 und 59 mit Zweigen derselben Pflanzenspecies ein ergiebiges Bluten, bei welchen im ersten Falle der Zweig nur seitwärts beschattet, im zweiten die Lichteinwirkung auch von oben, soviel anging, gehemmt war. — Die zweite Pflanzenart ist Betula alba, deren belaubter und nur seitwärts beschatteter Zweig bei Versuch 2 schon nach 19 Stunden

im Bluten begriffen war und selbiges rasch fortsetzte. Bei dem Versuche 57 ebenfalls ein Birkenzweig, welcher anfänglich unbeschattet blieb, liess nach 3 Tagen noch kein Bluten erfolgen; als aber das Glassgefäss mit Papier umwickelt wurde, begann nach 31 Stunden das Saftsteigen und erreichte am folgenden Tage 75 Mm. Quecksilber-Differenz. Zuletzt erwähne ich noch von Pinus sylvestris, deren Zweige bei den Versuchen 3 und 60 und bei einer mehr oder weniger bedeutenden Beschattung rascher und stärker zu bluten schienen als bei einem Zweige, welcher im unbedeckten Glassgefässe gehalten wurde und erst nach 7 Tagen zu bluten begann, darauf am folgenden Tage den Saft übrigens auf 40 Mm. brachte, später, nach Einsetzung eines Manometers, das Quecksilber auf 61 Mm. Differenz hinaufdrückte. Diese Beobachtungen erlauben freilich nur eine Vermuthung, dass eben bei den drei genannten Pflanzenarten, in Folge einer mehr oder weniger bedeutenden Beschattung, ein rascheres und ergiebigeres Bluten vor sich geht; diese Vermuthung kann durch neue vergleichende Versuche an denselben Pflanzenspecies und auch an anderen noch bestätigt oder vielleicht auch widerlegt werden. Wenn aber selbige sich bestätigen sollte, so wird die Lichteinwirkung wohl auf die Weise zu verstehen sein, dass dabei die unter Wasser gehaltenen Spaltöffnungen nicht vollständig geschlossen werden, also das Wasser in die Intercellulargänge eintreten kann, und der Saftdruck deshalb nicht so kräftig zu Stande kommt, weil das mehr dünnwandige Parenchymgewebe der Blätter den Saft mit weniger Erfolg halten mag. Dem gegenüber würde der Lichtmangel ein Zusammenschliessen der Spaltöffnungszellen zur Folge haben und dieses müsste das Bluten begünstigen; dabei muss aber auch sogleich angenommen werden, dass, bei völlig geschlossenen Spaltöffnungen, das Wasser durch die mehr oder weniger cuticularisirten Wände der Spaltöffnungszellen oder auch der Epidermiszellen eindringen kann; es ist sogar möglich, dass diese Eigenthümlichkeit im Baue der Blätter das zu Standekommen des Saftdruckes begünstigt, indem der Saft als eine wenn auch diluirte Auflösung von organischen Substanzen durch die cuticularisirten Wände der Zellen nicht so leicht hinausfliesst, obgleich das Wasser aufgenommen wird.

Aus den Versuchen dieser letzten Reihe wollen wir noch die Ergebnisse der Druckkräfte einiger Zweige berücksichtigen, wobei wir

die Quecksilber Differenzen annähernd auf Wassersäulen überführen, indem erstere mit 13 multiplicirt werden. Auf die Weise erhalten wir für Betula — 75 Mm. Quecksilberdifferenz oder eine Wassersäule von 975 Mm., für Sorbus 49 Mm. Quecksilber oder 637 Mm. Wasser, für Prunus — 116 Mm. Quecksilber oder 1508 Mm. Wasser, für Pinus 114 Mm. Quecksilber oder 1482 Mm. Wasser und zuletzt für Populus — 30 Mm. Quecksilber oder 390 Mm. Wasser. Nun wäre es interessant diese Wassersäulen mit den Längen der bezüglichen Zweige zu vergleichen, aber ein derartiger Vergleich kann nicht genau sein und wird eine ungleiche Bedeutung für die verschiedenen Baumarten haben, denn auch bei der sorgfältigsten Wahl und ausführlichsten Beschreibung der Zweige erhalten wir immer sehr ungleiche Grössen, da der Baumwuchs verschiedenartig ist und nicht bestimmt vergleichend taxirt werden kann; bei dem Birkenzweige, z. B. zerfliesst, so gesagt, die Mittelaxe in eine Menge dünner langer Zweige, so dass die Länge der ersteren kaum angegeben werden kannn; bei Sorbus treffen wir auf eine ziemlich ausgeprägte Mittelaxe, an welcher verhältnissmässig wenige lange und starke Zweige, aber auch ganz kurze mit verkürzten Internodien vorkommen; bei Pinus ist der Wuchs wieder ganz anders etc. Wollen wir aber entfernt und im Ganzen genommen unsere Vergleiche führen, so erhalten wir nur für Betula eine Wassersäule, welche kürzer ist als der Zweig mit seinen längsten Verzweigungen, für Populus und Sorbus sind die Wassersäulen länger als die entsprechenden Zweige, zuletzt für Prunus und Pinus erhalten wir 6 bis 7fache Wassersäulen im Vergleiche mit den Mittelaxen dieser Baumzweige.

Schliesslich in Betreff der Saftschwankungen, welche eigentlich als Hauptzweck der Untersuchungen dieser letzten Versuchsreihe in Aussicht genommen waren, mögen folgende kurze Bemerkungen angeführt werden. Die fünf letzten Versuche 57 bis 61 zeigen, dass das Steigen des Quecksilbers so lange vor sich geht, bis die grösste Höhe erreicht wird, darauf tritt allmählig oder mehr oder weniger rasch das Sinken desselben ein; dasselbe ist auch bei den anderen Versuchen dieser Arbeit mit belaubten, beschnittenen und Knospen tragenden Zweigen beobachtet; überall hatte sich der Mangel der Saftschwankungen erwiesen, ausser bei den zwei Versuchen 55 u. 56. Diese stehen also ganz isolirt in der Hinsicht da, indem bei denselben

wenn auch im schwachen Maasse dennoch die Erscheinung der Saftschwankungen zu bemerken war; freilich müssten diese Versuche noch wiederholt und modificirt werden, um den Nachweis der Thatsache festzustellen und bessere Einsicht in das Ursächliche der Erscheinung zu gewinnen. So viel dieselben vor der Hand zu vermuthen erlauben, scheint die grössere oder mindere Lichteinwirkung mit dem Steigen und Sinken des Saftes im Zusammenhang zu stehen; aber dieser Einfluss des Lichtes ist unbegreiflich. So eben ist besprochen worden, dass gerade das Beschatten des Laubes den Auftrieb des Saftes zu begünstigen scheint, und die bedeutendsten Druckkräfte wurden wirklich in denjenigen Fällen beobachtet, bei welchen die Lichteinwirkung mehr oder weniger gehemmt war; aber freilich kann auch zugleich berücksichtigt werden, dass das Licht seinen Einfluss auf die belaubten Zweige auf verschiedene Weise ausüben mag: das mehr oder weniger bedeutende Beschatten ist vielleicht bei manchen Pflanzen nothwendig um die Spaltöffnungen vollständiger zum Schliessen zu bringen und dadurch das Vorsichgehen des Blutens zu begünstigen, wie oben angenommen wurde; aber ausserdem ist noch die physiologische Einwirkung des Lichtes auf den Inhalt der Zellen nicht ausgeschlossen, womit die beobachteten schwachen Saftschwankungen möglicher Weise im Zusammenhang stehen können. Dieselben brauchen freilich nicht auf dieselben Ursachen zurückgeführt zu werden, welche bei der Thätigkeit der Wurzelkraft wirksam sind; was die letztere anbetrifft, so hat W. Hofmeister bekanntlich nachgewiesen, dass der Lichteinfluss nicht als Ursache der Schwankungen betrachtet werden kann. Baranetzky[1]) giebt auch zu, dass die Möglichkeit der etwaigen Wirkung des Lichtes bei dem kurz über dem Boden abgeschnittenen und mit Kautschukschlauch überzogenen Stengelstumpf ausgeschlossen bleibt; dennoch spricht er die Ansicht aus, dass der erste Grund der täglichen Periodicität des Blutens in der ebenso periodischen Wirkung des Lichtes auf die Pflanze während ihrer Lebensperiode zu suchen sei; die Wirkung dieser Ursache könnte eine Nachwirkung sein, welche noch längere Zeit selbstständig in der Pflanze fortdauert, nachdem die letztere dem unmittelbaren Einflusse der Beleuchtung entzogen wird. Gegen diesen Schluss würden meine

[1]) Botan Ztg. 1873, No. 5.

Versuche mit belaubten Zweigen, besonders die Nummern 57 bis 61, sprechen, denn wenn irgendwo eine Nachwirkung des früheren Lichteinflusses zu erwarten war, so müsste dies, denke ich, bei den belaubten Zweigen der Fall gewesen sein, da doch die Blätter während ihrer Lebensperiode ganz besonders der Lichteinwirkung ausgesetzt waren, dennoch blieben die Saftschwankungen aus. In Betreff der zwei angeführten Versuche 55 und 56 ist überhaupt noch nichts Bestimmtes anzugeben; wie gesagt, brauchen die Ursachen dieser Schwankungen mit denjenigen, welche in der Wurzel thätig sind, nicht identisch zu sein; dort treten die Schwankungen ein, wenn der Wurzeldruck seiner grössten Spannung nahe steht, hier erfolgen dieselben bei schwachen Ergebnissen des Stammdruckes; ob diese Erscheinungen mit Gazbildungen innerhalb der Blätter oder Dislocationen der Gaze innerhalb der Zweige in Zusammenhang zu bringen sind, oder andere Ursachen denselben zu Grunde liegen, vermag ich nicht zu beantworten.

VII.

Im Folgenden werden einige Ergebnisse meiner Untersuchungen und einige Schlussfolgerungen kurz zusammengestellt. Zuerst ist durch die obigen Versuche wohl ausser Zweifel gestellt, dass die Pflanzen durch ihre Blattorgane das tropfbar flüsssige Wasser, bei günstigen Verhältnissen, in bedeutender Menge aufnehmen und fortleiten können. Einen näheren Nachweis dessen — in welchem Maasse diese Eigenschaft den Pflanzen überhaupt zukommt, können freilich nur speciell darauf gerichtete Untersuchungen ergeben, aber dass dieselbe im Pflenzenreiche eine weit verbreitete ist, scheint mir schon aus den angeführten Versuchen zu folgen; denn auch in denjenigen Fällen, wo kein Bluten der belaubten Stammtheile erfolgte ist noch nicht erwiesen, dass den Blättern dieser Pflanzen die genannte Eigenschaft abgeht, da das Nichtzustandekommen des Blutens mit verschiedenen Ursachen im Zusammhang stehen kann. Mehrere Versuche sprechen dafür, dass das Bluten rascher und kräftiger erfolgt, wenn die unter Wasser gehaltenen belaubten Zweige dem Lichteinflusse mehr oder weniger entzogen werden; dabei bleiben die Spaltöffnungen wahrscheinlich geschlossen, und in Folge dessen wird das

Wasser durch die cuticularisirten Wände der Spaltöffnungs- oder Epidemiszellen eindringen müssen. Obgleich die Blätter das Wasser aufsaugen, so scheint diesen Organen doch keine bedeutende Druckkraft zu Gebote zu stehen.

In Betreff der Haupftaufgabe der vorliegenden Arbeit, und zwar des Nachweises, ob die Stamm- oder Stengeltheile, gleich den Wurzeln, bei gewissen Bedingungen die Erscheinungen des Blutens verursachen können, bin ich der Ueberzeugung, dass durch die angeführten Versuche diese Frage unbedingt entschieden ist. So viel diese Versuche auf diesem neuen Felde der Untersuchungen nachgewiesen haben, ist zu ersehen, dass in den günstigsten Fällen die belaubten, beschnittenen und knospentragenden Stammtheile Saftsäulen hinaufgedrückt haben, welche den halben bis ganzen Längen der betreffenden Organe gleich waren oder selbige übertrafen: so bei den Versuchen 3, 5, 10a, 22 und 31; bei den Versuchen 59 und 60 sind durch den Stammdruck Quecksilberdifferenzen erhalten worden, deren Werthe solchen Wassersäulen entsprachen, welche die Längen der Zweigmittelaxen 6 bis 7fach übertrafen. Durch diese Versuche ist freilich noch nicht erwiesen, ob die erhaltenen Ergebnisse der Druckkräfte denjenigen gleich kommen, zu welchen die bezüglichen Stammtheile in Wirklichkeit fähig waren; vielleicht sind die ersteren viel schwächer ausgefallen als die letzteren wirklich gewesen. Dennoch bin ich der Ansicht, dass auch die erhaltenen Ergebnisse des Stammdruckes hinreichend sind, um die Erscheinungen des Blutens und Thränens zu erklären, denn die Stammtheile brauchen nicht, wie schon in der Einleitung dieser Schrift bemerkt wurde, so grosse Druckkräfte zu entfalten, als für die Wurzelkraft angenommen werden muss, um den Ausfluss des Saftes sogar aus den Stitzen der Bäume zu bewerkstelligen, da selbige nicht so grosse Saftsäulen zu halten und zu heben genöthigt sind. — Die Versuche 38 bis 53 hatten zum Zwecke annähernd nachzuweisen — in welchem Verhältniss die Druckkräfte der Stammtheile zu denjenigen der Wurzel derselben Pflanze stehen; dabei hatte sich erwiesen, dass bei der bedeutend grösseren Zahl der Pflanzen die Stammtheile stärker bluteten und den Saft höher hinaufgedrückt haben als die entsprechenden Wurzeln; wenn also ausser Zweifel steht, dass einige Pflanzen, wie z. B. die Weinpflanze, viel grössere Druckkräfte in den Wurzeln aufzuweisen haben, so sind

andererseits auch solche vorhanden, bei welchen die Stämme in der Hinsicht mehr begünstigt sind. — Die Coniferen enthalten eben solche Druckkräfte der Stamm- und Wurzeltheile, wie den anderen Pflanzen eigenthümlich ist. — Ausser in zweien zweifelhaften Fällen, wurden bei den angegebenen Versuchen keine Erscheinungen der Saftschwankungen beobachtet; freilich muss aber dabei berücksichtigt werden, dsss vielleicht das Maximum der Druckkräfte bei denselben nicht erreicht war.

Die Drückkräfte der Wurzeln und Stämme verursachen bei gewissen günstigen Bedingungen die Erscheinungen des Blutens und Thränens der Pflanzen, aber nur in dem Falle, wenn die Transpiration der oberirdischen Organe unbedeutend ist, sonst müssten ja die Pflanzen fast ununterbrochen bluten. Durch die Versuche von J. Sachs ist nachgewiesen, dass die Hohlräume des Holzes bei stark transpirirenden Pflanzen leer sind; auch der Wurzelstock solcher Pflanzen wie Helianthus, Kürbis u. a., während sie stark transpiriren, steht unter negativem Druck, d. h. nicht Saft hinaufpresst, sondern an der soeben gemachten Schnittfläche über der Erde Wasser begierig aufsaugt. Wenn aber die Transpiration unbedeutend wird, so sammelt sich in denselben ein diluirter Saft an, welcher zuletzt austreten muss; dadurch kann die bekannte lange Reihe der Erscheinungen des Blutens und Thränens erklärt werden. So blutet z. B. die angeschnittene Weinrebe und aus Bohrlöchern der Birke fliesst der Saft zur Frühlingszeit aus, weil zu dieser Zeit die oberirdischen Pflanzentheile wenig Wasser verdampfen; ebenso sammelt sich massenhaft der Pflanzensaft bei den tropischen Agaven und Palmen, wenn die stark transpirirenden Blattkronen ausgeschnitten werden; auf dieselbe Weise wird durch den Wurzel- und Stammdruck im Frühjahre das Thränen der Knospen vieler Bäume verursacht etc. Die Erscheinung, dass nicht alle Pflanzen bei solchen Bedingungen das Bluten und Thränen erfolgen lassen, oder dasselbe in sehr verschiedenem Maasse verursachen, ist leicht begreiflich, denn erstens wird der Saftdruck, vermöge der speciellen Organisation jeder Pflanze, mehr oder weniger bedeutend ausfallen, und zweitens werden auch gewiss die unbelaubten Zweige der verschiedenen Pflanzenarten bei denselben Wärme- und Feuchtigkeits-Zuständen der Atmosphäre in verschiedenem Maasse transpiriren können; wenn also die

Knospen und überhaupt die Stammoberfläche einer Pflanzenart mehr oder eben so viel Wasser verdampft als durch die Wurzeln aufgenommen wird, so kann dieselbe freilich weder bluten noch thränen. — Wir müssen übrigens bemerken, dass auch zur Sommerzeit, wenn also die Pflanzen mit ihrem Laube bekleidet sind, die diasmotischen Druckkräfte der Wurzeln und Stämme nicht ohne Bedeutung für dieselben bleiben werden. Hierher gehört zuerst das Thränen einiger belaubten Bäume, wie z. B. der Weiden, welches auf dieselbe Weise seine Erklärung findet, indem also die Wasseraufsaugung durch die Wurzeln bedeutender ist als die Transpiration durch die Blätter. Ferner werden nicht alle Tropfenbildungen, welche am frühen Morgen die Blätter der Pflanzen als Thau bedecken, nur in Folge der echten Thaubildung entstehen, sondern vielfältig auch durch Druckkräfte der Pflanzen verursacht sein, indem die Wasserverdunstung der Blattorgane während der Nacht bedeutend abgeschwächt wird. Zuletzt auch in denjenigen Fällen, wenn die Baumgewächse, bei ähnlichen Bedingungen, gar keine Saftausscheidungen aus den Blättern erfolgen lassen, werden die Druckkräfte der Wurzeln und Stämme bedeutende Quantitäten des Saftes in den Leerzellen des Holzes ansammeln, welcher als Vorrath den Pflanzen während der Tageshitze zu Gute kommen wird, u. s. w.

Dass die diasmotischen Processe der Wurzel- wie der Stammzellen den Erscheinungen des Blutens und Thränens zu Grunde liegen, ist ausser Zweifel; dieselben werden ebenfalls in den anderen Pflanzentheilen, wie den Blättern, Früchten etc. mehr oder weniger in demselben Sinne thätig sein. In wie weit aber die anderen Ursachen, wie die Spannkräfte der Gewebe, welche nicht auf die Endosmose, sondern etwa auf die Wachsthumsprocesse zurückzuführen sind, ferner der Temperaturwechsel in den verschiedenen Organen etc., bei den Saftergiessungen aus den Pflanzen betheiligt sind, müssen noch fernere Untersuchungen entscheiden. In Folge des sogleich Angeführten wird man wohl die Bezeichnung der so genannten Wurzelkraft fallen lassen müssen, denn sonst wäre man consequenter [illegible] genöthigt, ähnliche Bezeichnungen auch für die Druckkräfte der anderen Pflanzentheile, als — Stamm-, Blatt-, Fruchtkraft etc. anzunehmen, was doch unannehmbar und auch unbegründet wäre, [illegible] [illegible] [illegible] in allen diesen Organen den gleichen Erschei

nungen dieselben Ursachen zu Grunde. Man könnte von diasmotischen Druckkräften der ganzen Pflanze wie deren einzelnen Theile sprechen, aber so lange die Wirkungsthätigkeit der anderen Kräfte unbekannt bleibt, wird wohl vorläufig zweckmässiger sein, allgemeine Bezeichnungen zu gebrauchen, und zwar die der Druckkraft oder der Druckkräfte der Pflanzen überhaupt, und folglich auch speciell der einzelnen Theile derselben, also der Wurzeln, Stämme etc.

In Betreff des raschen Wassersteigens bis in die Spitzen der höhsten Bäume folge ich der Ansicht, dass dabei die grösste Bedeutung der Imbibitionskraft beizumessen ist, obgleich ich freilich auch die endosmotische Aufsaugung von Zelle zu Zelle nicht in Abrede stelle. Hinsichtlich des Zustandekommens des Blutens mögen folgende allgemeine Bemerkungen angeführt werden, da der specielle Nachweis der einzelnen Vorgänge in den verschiedenen Geweben und Pflanzentheilen, bei dem gegenwärtigen Stande des Wissens, nicht durchzuführen ist. Wenn wir annehmen, dass auch zur Frühjahrszeit, also ehe die Knospen der Bäume zur weiteren Entwicklung gelangen, innerhalb der Zellwände das Wasser so lange hinaufsteigt, bis dieselben gesättigt werden, so folgt darauf, dass die Reservstoffe und überhaupt der Zellinhalt dieses Wasser theilweise den Zellwänden entnehmen werden, wie das mit jeglicher Zelle geschieht, welche in Wasser gelegt wird; in manchen Fällen saugt ja bekanntlich der Zellinhalt das Wasser so begierig auf, dass die Wand dem inneren Druck nicht hinreichenden Widerstand leisten kann, wie das z. B. mit den Pollenschläuchen geschieht, wenn Pollenkörner in Wasser gelegt werden. Nachdem der Zellinhalt einen Theil des Wassers von der Zellwand sich angeeignet hat, nimmt dieselbe, vermöge ihrer Sättigungscapacität, das Bodenwasser von Neuem auf, welches wieder dem Zellinhalte mehr oder weniger übergeben wird, und so fort, bis jede Reservstoffe haltende Zelle in den Zustand der Saftspannung geräth; darauf muss der Process der Exosmose folgen. Diejenigen Zellen, welche bei genügender Wasserzufuhr fähig sind, einen Theil ihres Saftes auszupressen, werden denselben dorthin bringen, wo eben ein entsprechender Raum oder der mindeste Widerstand vorhanden ist. Berücksichtigen wir nun, dass die Zellen in den Geweben überhaupt auf die Weise unter einander verbunden sind, dass deren Inhalte oder Innenräume in den Porencanälen entweder nur

durch dünne Zellstofflamellen von einander getrennt, oder, wie im älteren Holze, sogar durch offene Röhren verbunden sind; im Gegentheil sind die Zellwände in den anderen Theilen, besonders in denjenigen, welche die Intercellulargänge begrenzen, bedeutend stärker, oft sehr stark verdickt. Nehmen wir nun ferner an, dass bei dem Eintreten der Saftfülle der Bäume entweder gleichzeitig oder in kurzer Nacheinanderfolge die Zellen des Holzes und der Rinde in den Zustand des Saftdruckes gerathen, so muss, nach meinem Dafürhalten, Folgendes eintreten. Die Zellen der Rinde sind ausserhalb durch Korkgewebe so geschützt, dass ein Saftaustreten nach aussen hin unmöglich ist; um den Saft in die Intercellulargänge auszupressen, muss der Widerstand der hierher sehr verdickten Zellwand und der cuticularisirten äusseren Lamelle, welche den Gang unmittelbar begrenzt, überwunden werden; im Gegentheil kann der Saft in den Porencanälen und durch die dünnen verschliessenden Zellstofflamellen leichter von Zelle zu Zelle wandern, freilich wenn die mehr oder weniger bedeutende Saftfülle und Saftconsistenz der neben einander liegenden Zellen dieses bedingen oder zulassen. In demselben Zustande der Saftfülle werden sich auch die Gewebe des Holzes früher oder später befinden, aber mit dem Unterschiede, dass hier leere Holzzellen mit perforirten Lamellen in den Porencanälen und lufterfüllte Gefässe vorhanden sind, in welche die umliegenden saftgespannten Zellen einen Theil ihres Saftes ausdrücken können; diese letzteren saugen unterdessen das Wasser auf, werden dadurch in dem Zustande der Spannung erhalten und setzten die Saftausscheidung fort; dabei muss ihr Vorrath an löslichen Reservstoffen allmählig vermindert werden, es wird sich, so gesagt, ein Auswaschungsprocess dieser Stoffe einstellen. Dieser Auswaschungsprocess wird sich auch auf die entfernter liegenden Gewebe verbreiten, wird um sich greifen, bis auch die äussersten Schichten der Rinde in diese Thätigkeit gezogen werden. Dabei würden also die Reservstoffe aus denjenigen Geweben, welche reicher daran sind, zu denjenigen wandern, welche entweder schon ärmer an denselben gewesen, oder durch die angegebene Auswaschung weniger davon behalten haben; zugleich werden aber alle diese Gewebe das ihnen nothwendige Wasser in hinreichender Menge vermittels ihrer Zellwände aus dem Erdboden erhalten. Um diese Vorgänge anschau-

licher zu machen, werde ich einen Vergleich gebrauchen. Stellen wir uns zwei unter einander verbundene und im Wasser liegende Zellen vor, deren äussere Wände stark verdickt oder überhaupt so gebaut sind, dass durch dieselben das Wasser leicht eintreten, aber der Saft nur sehr schwer ausgeschieden werden kann; zugleich sind die Zellen durch eine dünne Grenzwand geschieden, welche den Saft leicht hindurchlässt; schliesslich enthält eine der beiden Zellen mehr Reservstoffe als die andere. Bei einer derartigen Zusammenstellung der Bedingungen, da beide Zellen das Wasser von aussen leicht erhalten können, muss schliesslich ein Ausgleich der Concentrationen deren Inhalte zu Stande kommen, und, um dieses zu erreichen, müssen die löslichen Reservstoffe aus der an denselben reicheren Zelle in die andere, welche weniger davon enthält, hinübergehen. — Berücksichtigen wir noch eine vielfach besprochene Frage, und zwar die, warum der Saft aus dem Baume durch die Wurzelspitzen nicht in den Erdboden herausfliesst. Ob nicht ein Theil desselben in sehr begrenztem Maasse aus den Wurzelspitzen heraustritt, kann freilich nicht bestimmt angegeben werden, aber dass nicht bedeutende Quantitäten des Saftes zum Ausfluss gelangen, ist gewiss, sonst würden die Wurzeln, beim Abschneiden des Stammes, nicht so grosse Druckkräfte aufweisen, wie das aus so vielen Versuchen zu ersehen ist. Um von diesem Halten des Saftes zu sprechen, wollen wir drei Wege der Saftbewegung in Aussicht nehmen: innerhalb der Zellwände, von Zelle zu Zelle und — aus den Gefässen des Holzes durch die Gewebe der Wurzelspitze. Die erste Annahme wäre unzulässig, denn obgleich gewiss ist, dass das Wasser auf dem bezeichneten Wege hinaufsteigt, so ist höchst unwahrscheinlich, dass die diasmotisch gespannten Zellen den auszuscheidenden Saft innerhalb der Zellwände durch die ganze Länge des Baumes hindurch pressen könnten, desto mehr, da die Cellulosewände mit verschiedenen Stoffen wie der Holzstoff, die Pectin und Stickstoff haltigen Verbindungen etc. imprägnirt sind, und da zugleich der Saft auf anderem Wege leichter aus den Zellen entfernt werden kann. — Die Bewegung des Saftes von Zelle zu Zelle, und zwar in der Richtung von oben nach unten, ist nicht auszuschliessen, wird aber wahrscheinlich nicht in bedeutendem Maasse vor sich gehen können. Wir haben zwar eine derartige Bewegung in horizontaler Richtung angenommen, aber zugleich auch

[illegible]

wird [illegible]
in diese T[illegible]
stoffe an-[illegible]
jenigen [illegible]
wesen, [illegible]
behalte[illegible]
nothw[illegible]
wänd[illegible]

[illegible] oder [illegible]
[illegible] derartige [illegible]
[illegible] Versuche [illegible]
[illegible] Dra[illegible]
[illegible] werden muss. [illegible]
[illegible] ersten Pflanz[illegible]
[illegible] sammtheit [illegible]
[illegible] gehalten [illegible]
[illegible] nen Pflanz[illegible]
[illegible] Erklärung [illegible]
[illegible] Erschein[illegible]
[illegible] Holzes [illegible]
[illegible] schneiden [illegible]
[illegible] falls [illegible]
[illegible] thes zu [illegible]
[illegible] gewebe [illegible]
[illegible] scheiden [illegible]
[illegible] in offene [illegible]
[illegible] en, [illegible]
[illegible] lassen [illegible]

[illegible] Mai 1[illegible]

Nachtrag.

...ige Schrift schon dem Drucke übergeben war, las ich ...ischer Sprache verfasste Arbeit von J. Baranetzky, unter „über Periodicität des Thränens der krautartigen Pflanzen ...rsachen dieser Periodicität. Petersburg 1872.“ Ein Aus... ...eser Arbeit in der botanischen Zeitung 1873. S. 67 war ...früher bekannt, aber dieser enthielt nicht einen Passus des ... in welchem gelegentlich Versuche und Schlussfolgerungen ...sind, welche die Ursachen des Thränens betreffen. Nach ...chen Auszuge zu schliessen, vermuthete ich nicht in der ...beit Untersuchungen anzutreffen, welche den auch von mir ...en Gegenstand berühren; deshalb sind mir leider selbige ...Zeit unbekannt geblieben; gegenwärtig halte ich für an..., wenn auch nachträglich, den bezeichneten Passus aus der ...n Arbeit von J. Baranetzky anzuführen.

...e Ursachen des Thränens werden bekanntlich dem endos...en Saftdrucke in den Parenchymzellen der Wurzel zu...ben, indem der Holzkörper der Wurzeln und Stengel, nach ...Theorie, nur eine passive Rolle bei der Bewegung des Wassers ...welches durch die Wurzeln hinaufgetrieben wird. Wenn der ...rper im gegebenen Falle nur passiv bliebe, so müsste das ...r, in den engen Gefässröhren sich bewegend, unumgänglich ...gewissen Reibung unterliegen, welche desto bedeutender aus...würde, je länger der Stengelabschnitt wäre. Deshalb müssten ...enjenigen Exemplaren, welchen längere Stengelstumpfe gelassen ...n, kleinere Mengen des Saftes ausfliessen; ebenfalls die Am...en der täglichen Schwankungen und schliesslich auch die täg...n Extreme (Maxima und Minima) in den Ausflussmengen müssten ...r eintreten, als bei denjenigen Pflanzen, deren Stengel tief über ...rdoberfläche abgeschnitten waren. Einige im angegebenen Sinne ...geführte Versuche ergaben aber ganz andere Resultate. — An...rnd einen Monat vor dem Versuche wurden einige Pflanzen von ...anthus annuus sehr vorsichtig aus dem Erdboden in Töpfe von ...her Grösse umgepflanzt, in welchen selbige energisch fortwuchsen. ...n Versuche wurden dann von denselben zwei Pflanzen gewählt, ...che in jeglicher Hinsicht einander ähnlich waren. Die Stengel

einen Abflussort des Saftes in die Leerzellen des Holzes angegeben; ein ähnlicher Abflussbehälter wäre in verticaler Richtung weder in der Rinde, noch im Holze zu finden, es sollte denn der Erdboden als solcher und die Wurzelspitzen als die Ausflussorgane betrachtet werden; aber in dem Falle müsste der Saft durch alle Zellen der ganzen Länge des Baumes hindurch gehen, und also unendlich mehr Hindernisse überwinden, als auf dem kurzen Wege der horizontalen Richtung begegnet werden. Ausserdem, wenn die obige Ansicht über die Bewegung der gelösten Reservstoffe aus den Zellen der Rinde zum Holzkörper und den Leerzellen desselben motivirt ist, so wird eine ähnliche Auffassung auch im gegebenen Fall anzunehmen sein. Wenn die respective unteren Zellen der Rinde und des Holzes einen gleich — oder mehr concentrirten Inhalt führen als die höher liegenden, so werden im ersten Falle die unteren Zellen nicht nöthig haben, aus den oberen einen Saft von derselben Concentration aufzunehmen, als sie selber auszupressen haben; im zweiten — wird sich eine bedeutende Druckkraft von unten nach oben einstellen, und die unteren Zellen werden aus den oberen den diluirten Saft nicht aufzunehmen brauchen, wenn ihnen vermittels der Zellwände das Bodenwasser in hinreichender Menge geboten wird. Ich betone diese letzte Bedingung absichtlich jedes Mal, indem, ohne derselben, die obige Auffassung freilich ihre Bedeutung verliert. — Auf dem dritten Wege — aus den Gefässen des Holzes durch die Gewebe der Wurzelspitzen — kann vielleicht der Saft auch theilweise austreten, aber gewiss nur in sehr begrenztem Maasse. Wenn angenommen wird, dass der Saft in den Leerzellen des Holzes von den Wurzelspitzen an bis zu den Stammgipfeln ein ununterbrochenes System von Saftsäulen darstellt, so müsste derselbe freilich ein bedeutendes Gewicht ausmachen und einen starken Druck auf die Gewebe der Wurzelspitzen, welche denselben zu halten hätten, ausüben; aber diese Annahme ist nicht nothwendig und nicht wahrscheinlich. Erstens werden die Leerzellen nicht überall so unter einander verbunden sein, dass ein allgemeines System von communicirenden Röhren zu Stande kommt; wahrscheinlicher ist, dass sehr viele partielle Züge von communicirenden Canälen im Holzkörper der Wurzel wie des Stammes vorhanden sind. Ferner ist auch die Annahme geboten, dass sogar in den unter einander verbundenen Rohren der

Saft nicht immer in einem ununterbrochenen Strahle vorkommen wird, sondern durch Luftblasen, welche in grösserer oder geringerer Zahl, entfernter oder näher an einander gerückt, auftreten werden, — in längere oder kürzere Säulen unterbrochen erscheint; also, wenn mehrere näher gerückte Luftblasen mit kurzen Saftsäulen wechseln, wird eine fast unbewegliche Basis gewonnen, auf welcher eine lange Saftsäule ruhen kann; zugleich werden diese Luftblasen sogar die unter ihnen liegenden Saftsäulen halten, so gesagt, die Schwere derselben mässigen. Aber zuletzt kann doch möglicher Weise ein ziemlich bedeutender Saftdruck auf die unteren Querwände der Gefässe in den Wurzeln zu Stande kommen; diesem Drucke müssen nicht nur diese Querwände, sondern und besonders auch alle unperforirten Zellen der Wurzelspitze, also die Zellen der Fibrovasalbündel, welche unter den Gefässen liegen, wie auch die des Urmeristems — entgegenwirken. Alle diese Zellen, besonders die letzteren, enthalten das Protoplasma in bedeutender Menge, also ist unwahrscheinlich, dass der in den Gefässen angesammelte Saft, welcher nicht mehr als reines Wasser, sondern als eine diluirte Auflösung von Zucker und anderen Colloidstoffen betrachtet werden muss, durch dies Gewebe in beträchtlicher Menge hindurch gelassen werden wird.

Schliesslich wollen wir noch die interessanten Beobachtungen von F. Unger kurz besprechen, nach welchen das Bluten aus den Wurzeln in die oberen Baumtheile sich zu verpflanzen scheint. Derselbe hatte also erstens die Beobachtung gemacht, wie in der Einleitung dieser Arbeit ausführlicher angegeben ist, dass aus zwei Bohrlöchern eines Birkenbaumes, welche in der Entfernung von ungefähr 3 Klafter über einander gemacht wurden, am 12. April aus dem oberen Bohrloche im Laufe einer Minute 75, aus dem unteren 25 Tropfen Saft heraustraten, nachdem zuvor aus dem letzteren mehr Saft ausfloss; zweitens, dass an einer und derselben Rebe (des Weinstockes) die unteren Schnittflächen, nach erfolgtem Thränen, wieder trocken geworden sind, die Schnittflächen der oberen Aeste erst zu thränen anfingen. Derartige Beobachtungen können, unseren oben angeführten Ansichten entsprechend, auf folgende Weise erklärt werden. Erstens ist nicht nur möglich, sondern auch wahrscheinlich, dass die über einander gebohrten Löcher nicht dieselben Systeme der communicirenden Röhren im Holze trafen, dass also, wenn

die in das Bereich des unteren Bohrloches gehörenden Canäle ihren Saft entleert haben, dieses noch nicht erfordert, dass aus dem oberen Bohrloche der Saftausfluss auch sistirt werde, weil hier andere Quellen denselben speisen. Zweitens kann auch angenommen werden, dass Reihen von Luftblasen die Saftsäulen in den oberen Theilen des Baumes halten und über denselben Saftspannungen zu Stande kommen, wenn solche in den unteren Baumtheilen schon in schwächerem Maasse thätig sind. Wir gelangen also zu einer Annahme, dass das Bluten sich in die oberen Stammtheile verpflanzen kann, dass die Gipfel der Bäume ein selbstständiges Thränen oder Bluten einleiten können, wenn die mittleren Theile derselben und die Wurzeln keine oder nur schwache Saftausscheidungen erfolgen lassen. Und eine derartige Annahme lässt sich leicht durch unsere oben angeführten Versuche erklären, indem selbige nachweisen, dass die Stammtheile Druckkräfte enthalten; und da ausserdem gewiss zugegeben werden muss, dass innerhalb der Zellwände das Bodenwasser in die obersten Pflanzentheile hinauf gelangt, so wird sich in jeglichem Stammtheile eine Saftspannung und ein Saftausfluss selbstständig entfalten können. Durch ein solches selbstständiges Bluten der verschiedenen Pflanzentheile werden wahrscheinlich viele Beobachtungen ihre Erklärung finden. So könnten z. B. die Knospen der Bäume die Erscheinung des Thränens aufweisen, obgleich die Leerzellen des Holzes nicht mit Saft vollständig angefüllt sind, und folglich beim Anschneiden der Baum keinen Saft ausfliessen lässt — nicht blutet. Ebenfalls wird das Ansammeln von Flüssigkeit in den Bechern der Nepenthes auf dieselbe Weise zu erklären sein; hier kann das Parenchymgewebe einen Saft von speciellen Eigenschaften in die Behälter ausscheiden, deren Innenraum mit den Gefässen der Fibrovasalbündel nicht in offener Communication steht; diese Gefässe können lufterfüllt bleiben, die unteren Pflanzentheile brauchen gar kein Bluten erfolgen zu lassen, und dennoch werden sich die Becher mit Saft anfüllen.

Charkov, den 2./14. Mai 1877.

Nachtrag.

Als obige Schrift schon dem Drucke übergeben war, las ich eine in russischer Sprache verfasste Arbeit von J. Baranetzky, unter dem Titel: „über Periodicität des Thränens der krautartigen Pflanzen und die Ursachen dieser Periodicität. Petersburg 1872." Ein Auszug aus dieser Arbeit in der botanischen Zeitung 1873. S. 67 war mir zwar früher bekannt, aber dieser enthielt nicht einen Passus des Originals, in welchem gelegentlich Versuche und Schlussfolgerungen angeführt sind, welche die Ursachen des Thränens betreffen. Nach dem deutschen Auszuge zu schliessen, vermuthete ich nicht in der Originalarbeit Untersuchungen anzutreffen, welche den auch von mir behandelten Gegenstand berühren; deshalb sind mir leider selbige so lange Zeit unbekannt geblieben; gegenwärtig halte ich für angemessen, wenn auch nachträglich, den bezeichneten Passus aus der russischen Arbeit von J. Baranetzky anzuführen.

„Die Ursachen des Thränens werden bekanntlich dem endosmotischen Saftdrucke in den Parenchymzellen der Wurzel zugeschrieben, indem der Holzkörper der Wurzeln und Stengel, nach dieser Theorie, nur eine passive Rolle bei der Bewegung des Wassers spielt, welches durch die Wurzeln hinaufgetrieben. wird. Wenn der Holzkörper im gegebenen Falle nur passiv bliebe, so müsste das Wasser, in den engen Gefässröhren sich bewegend, unumgänglich einer gewissen Reibung unterliegen, welche desto bedeutender ausfallen würde, je länger der Stengelabschnitt wäre. Deshalb müssten aus denjenigen Exemplaren, welchen längere Stengelstumpfe gelassen werden, kleinere Mengen des Saftes ausfliessen; ebenfalls die Amplituden der täglichen Schwankungen und schliesslich auch die täglichen Extreme (Maxima und Minima) in den Ausflussmengen müssten später eintreten, als bei denjenigen Pflanzen, deren Stengel tief über der Erdoberfläche abgeschnitten waren. Einige im angegebenen Sinne ausgeführte Versuche ergaben aber ganz andere Resultate. — Annähernd einen Monat vor dem Versuche wurden einige Pflanzen von Helianthus annuus sehr vorsichtig aus dem Erdboden in Töpfe von gleicher Grösse umgepflanzt, in welchen selbige energisch fortwuchsen. Zum Versuche wurden dann von denselben zwei Pflanzen gewählt, welche in jeglicher Hinsicht einander ähnlich waren. Die Stengel

dieser Pflanzen von ganz gleicher Dicke (12 Mm. im Durchmesser), wurden auf verschiedener Höhe, und zwar bei der ersten Pflanze 4 Centimeter, bei der anderen 30 Centimeter hoch über der Erdoberfläche abgeschnitten. Der kurze Stengelstumpf wurde bis unten in einen Kautschukschlauch eingeschlossen, der lange mit einem Zinnblatte umwickelt, um die Wasserverdampfung von seiner Oberfläche zu beseitigen; alle anderen Bedingungen des Versuches blieben für beide Pflanzen vollständig gleich. Die Pflanze mit dem langen Stengelende gab unvergleichlich grössere Ausflussmengen, als die andere, bei welcher die Mengen fast dieselben waren, welche bei anderen Versuchen mit der Sonnenblume erhalten sind; die Curve der ersteren stellt auch viel kleinere Amplituden der täglichen Schwankungen dar, während dem die Maxima der Ausflussmengen in beiden Fällen in dieselben Tagesstunden fallen. — Ein dem angeführten analoger Versuch wurde auch mit Ricinus insignis ausgeführt. Der einen Pflanze wurde ein 4 Centim. länger, der anderen ein 25 Centim. langer Stengel gelassen; letzterer wieder mit einem Zinnblatte umwickelt. Auch in diesem Falle waren die Ausflussmengen grösser bei der Pflanze mit dem langen Stengel, aber die Maxima des Ausflusses trafen bei dieser Pflanze fast regelmässig um zwei Stunden früher ein als bei der anderen; dieser letzte Umstand kann übrigens seinen Grund in der noch nicht hinreichend festen Periodicität haben, welche, wie aus früheren Versuchen zu ersehen war, bei Ricinus insignis sich sehr schwer einstellt. — Die Resultate der angeführten Versuche erweisen sich also für die existirende Theorie des Saftausflusses als sehr ungünstig. Diese Versuche sind noch nicht zahlreich genug, um aus denselben im Bereiche einer so complicirten Frage mit Zuversicht zu entscheiden; wenn aber fernere Experimente dieselben Ergebnisse bestätigen würden, so könnte man augenscheinlich auf diesem Wege viele wichtige Andeutungen für eine mehr zeitgemässe Theorie des Thränens der Pflanzen erhalten." —

„Ein zweites Factum, welches ich ebenfalls anzudeuten wünsche weist wieder darauf, als ob dem Holze des Stengels (Stammes) bei der Erscheinung des Saftausflusses nicht nur eine passive, sondern ganz im Gegentheil eine active Rolle zugeschrieben werden muss. Dem freundlichen Entgegenkommen des Herrn Prof. Schenk zu Danke,

hatte ich die Gelegenheit im verflossenen Frühling im Leipziger botanischen Garten einige Beobachtungen und Versuche über das Thränen der Birken und Ahorne auszuführen. In Betreff des Frühlings-Thränens der Ahorne (wenigstens der von mir beobachteten Species: Acer platanoides, Pseudoplatanus, Lobelii, tataricum und monspessulanum) muss ich zu aller erst sagen, dass die Dauer desselben, im Verlaufe von 24 Stunden, nur durch einige Stunden begrenzt ist. Das Saftausfliessen beginnt gewöhnlich nur gegen 7 oder 8 Uhr am Morgen und beinahe um 3 oder 4 Uhr Nachmittags (zuweilen sogar auch früher) und hört wieder bis zum folgenden Morgen auf; dieses Aufhören fällt gar nicht mit dem Gange der Temperatur zusammen und trifft gewöhnlich früher ein, als die Temperatur des Bodens und des Holzkörpers (welche unmittelbar beobachtet wurden) zu sinken beginnt[1]). Dieses kann man ganz deutlich nur an den dünnen Zweigtheilen, näher den Spitzen, beobachten. Die Beobachtungen an den oberen Stammtheilen hoher Bäume können sehr leicht zu unrichtigen Resultaten führen. Zur Tageszeit füllen sich die Gefässe des Holzes mit Wasser, welches darauf lange Zeit während der Nacht aus den Wunden des Stammes ausfliessen kann, nur zu Folge der eigenen Schwere und ganz unabhängig von der Kraft, welche das Wasser im Holzkörper treibt. — Den 28. Februar wurde von einem grossen Baume des Acer Pseudoplatanus ein Zweig abgesägt, welcher an 15 Fuss Länge und 9—10 Centim. im Durchmesser des unteren Endes hatte. Ueber den Durchschnitt wurde eine Kautschukplatte fest gebunden, und über dieselbe noch eine Schweinsblase, um den Ausfluss des Wassers aus den offenen Gefässen zu verhindern. Ueber dem unteren Zweigende, 20 Centim. entlang, die Rinde vorsichtig und rein abgenommen (um das Holz nicht zu verwunden) und der Holzkörper blosgelegt. Auf die Weise präparirt, wurde darauf der Zweig mit dem unteren Ende in ein Gefäss mit Wasser (welches in die Erde eingegraben) versenkt und in vertikaler Lage im Garten

[1]) Eine dieser ähnliche Erscheinung habe ich mehrmals auch bei krautartigen Pflanzen beobachtet (z. B. Helianthus tuberosus); zudem scheinbar bei denselben Bedingungen, bei welchen andere Exemplare derselben Species ein regelmässiges Ausfliessen fortdauern liessen. Zur Nachtzeit, überhaupt zur Zeit, wenn die Ausflussmengen sich normal vermindern, floss der Saft gar nicht, im Gegentheil wurde derselbe vom Holzkörper eingesogen. Aber während des Tages geschah, wenn auch unbedeutend, die Ausscheidung.

an einer offenen Stelle aufgestellt. Eine Woche später, nach der Aufstellung des Versuches, begann das Ausfliessen des Saftes aus dem Zweige. Letzterer war auf die Weise exponirt, dass er annähernd von 10½ Uhr Morgens bis 4 oder 5 Uhr Nachmittags fortwährend von der Sonne beschienen wurde. Im Holzkörper des Zweiges waren drei Einschnitte gemacht, und zwar in Zwischenräumen von 5, 8 und 10 Fuss Distanz vom unteren Ende. Gegen 11 Uhr Morgens, d. h. fast eine halbe Stunde später, als der Zweig von der Sonne beschienen war, begann der Saftausfluss, und dabei zuerst aus der untersten Wunde, darauf aus der nächstfolgenden und suletzt aus der oberen. Dieser Ausfluss war so ergiebig, dass das Wasser ohne Unterlass, Tropfen auf Tropfen hinunterfloss, und die trockengelegte Wunde wieder momentan mit Wasser bedeckt wurde. Aber das Thränen war constant desto schwächer, je weiter der Einschnitt vom (unteren) Zweigende lag. Wenn der Ausfluss überhaupt nicht sehr bedeutend war, wurde derselbe nur an den unteren Wunden bemerkbar, niemals aber gelangte er bis zur Spitze des Zweiges; — ganz dieselbe Erscheinung, welche zwang in den Wurzeln den Sitz der Kraft zu vermuthen, welche das Wasser aus dem Holzkörper hinausdrückt. Das Ausfliessen dauerte jeden Tag nur eine kurze Zeit und hörte schon um 1½ oder sogar um 1 Uhr Nachmittags auf. Aber der Zweig blieb darauf noch im Verlaufe mehrerer Stunden unter Einwirkung der Sonnenstrahlen und die Luft-Temperatur sogar im Schatten setzte ihr Steigen fast bis 3 Uhr Nachmittags rasch fort, — was nicht erlaubt in diesem Falle dem Sinken der Temperatur das Aufhören des Saftausflusses zuzuschreiben. Das Aufhören des Thränens in verschiedenen Höhen des Zweiges geschah immer in umgekehrter Ordnung mit dem Beginne, und die untere Wunde, welche am ersten zu bluten begann, versiegte am spätesten. Das Ausfliessen des Wassers aus dem Zweige wurde in beschriebener Weise im Ganzen an 3 Wochen lang beobachtet; selbiges wurde immer weniger und weniger ergiebig und hörte zum Ende des März, der constant warmen und sonnigen Tage ungeachtet, vollständig auf; die Knospen des Zweiges waren zu dieser Zeit nur bedeutend angequollen. Der ausfliessende Saft hatte anfänglich einen süssen Geschmack, wie bei normal wachsenden Bäumen dieser Species; später wurde derselbe wässerig und nur etwas bitterlich und zusammen-

ziehend. Im Verlaufe der Zeit des Versuches bildete sich keine Spur von Wurzeln am Ende des Zweiges, welches in Wasser getaucht gewesen; also konnte die ganze Quantität des Wassers, welches zur Zeit des Versuches hinausgeflossen war, nur durch die blossgelegte Stelle des Holzes eingesogen werden, dessen Oberfläche im Vergleiche mit der aufsaugenden Oberfläche der Wurzel eines normal wachsenden Baumes unzweifelhaft sehr unbedeutend gewesen.“ —

„Es scheint mehr als zweifelhaft zu sein, dass die Ursache des Saftausfliessens im angeführten Versuche einfach der Temperatur-Hebung des Baumes zuzuschreiben sei, da das Aufhören desselben noch bei constantem Steigen der Temperatur eintraf, was auf Grund der von J. Sachs entdeckten Erscheinung (Bot. Ztg. 1860 p. 253) unmöglich erklärt werden kann. Eben so wäre unmöglich zu erklären, warum das Saftausfliessen nur nach Verlauf mehrerer Tage nach dem Aufstellen des Versuches seinen Anfang nahm und nach Verlauf einer bestimmten Zeit, unbekümmert der sehr günstigen Temperaturbedingungen, dennoch endgültig aufhörte. — Ausserdem wurden fast gleichzeitig zwei Birkenzweige (B. alba) vollständig gleichartig präparirt und in einer Reihe mit dem beschriebenen von Acer Pseudoplatanus aufgestellt; an diesen Zweigen waren kein Mal wenn auch Spuren des Saftausflusses zu bemerken, welcher zu derselben Zeit beim Ahorn so reichlich war.“ —

Von den zwei Untersuchungsreihen von J. Baranetzky hat die erstere für mich grösseres Interesse. Wie ich in der Einleitung zu meiner Arbeit bemerkte, hatte sich die Ansicht, dass der Stamm zu keinen Druckkräften fähig sei, hauptsächlich aus den Versuchen mit der Weinpflanze entwickelt, an welcher Quecksilber-Manometer auf verschiedener Höhe der abgeschnittenen Stämme angebracht wurden; aus diesen Versuchen wurde gefolgert, dass die Druckkraft cet. parib. grösser ist, wenn der Stamm bis zum Wurzelhalse abgeschnitten, dass also die Gegenwart des Stammes ein Hinderniss für die aufwärts pressende Kraft der Wurzel darstellt. Obgleich ich derartige Versuche nicht ausgeführt habe, war ich der Ansicht, dass auf diesem Wege keine entscheidenden Resultate zu erhalten sind. Nun erweist sich aus ähnlichen Untersuchungen von J. Baranetzky mit Helianthus annuus und Ricinus insignis, dass bei diesen Pflanzen ganz entgegengesetzte Ergebnisse, als diejenigen, welche Vitis vinifera lieferte,

erhalten sind. Der Unterschied der Untersuchungsweise besteht hauptsächlich darin, dass unser Autor die langen Stengel seiner Pflanzen vor dem Transpiriren des Wassers schützte, was bei den früheren Versuchen mit der Weinpflanze nicht geschah. Uebrigens hatten dennoch einige Beobachter schon bemerkt, dass auch bei der Weinpflanze das Bluten zuletzt sich in die oberen Stammtheile verpflanzt. — Was den Versuch mit Acer Pseudoplatanus anbetrifft, so könnte, wie mir scheint, das beobachtete Bluten durch die von J. Sachs entdeckte Erscheinung, dass durch Erwärmung der Luftblasen im Holze der Safterguss bewerkstelligt wird, erklärt werden; oder könnte im gegebenen Falle diese Ursache bedeutend oder hauptsächlich mitgewirkt haben. Sollte das Bluten des Ahornzweiges durch den Stammdruck (diasmotisch) hervorgebracht sein, so bliebe unbegreiflich, warum dieser Prozess so kurze Zeit gedauert und gerade zur Tageszeit, bei erhöhter Temperatur, unter unmittelbarer Einwirkung der Sonnenstrahlen, also wenn die Transpiration des Wassers aus dem Zweige am bedeutendsten gewesen, vor sich ging, und im Gegentheil — zur Nachtzeit, bei niederer Temperatur, wann also die Transpiration unbedeutend war, der Safterguss nicht geschah. Ausserdem würde der Versuch mit dem Ahornzweige, wenn dessen Ergebnisse durch Druckkräfte der Stammorgane erklärt werden sollen, im vollständigen Widerspruche mit den Versuchen von Th. Hartig (botan. Zeitung. 1862 S. 85) und auch den meinigen stehen. Freilich ist andererseits in dem bezeichneten Versuche nicht zu entscheiden, warum das Bluten aufhörte, trotz der noch einige Zeit hindurch steigenden Temperatur; aber unmöglich wäre nicht, dass diese Erscheinung deshalb eintrat, weil die Gaze allmählig aus dem Baume entwichen, und also zu Ende des Processes die Luftblasen des Holzkörpers, in minderer Quantität vorhanden, nicht mehr hinreichten den Safterguss fortzusetzen.

Fig. 1.

dkg.

m.

sep. pk. pl. ks. pb ep.

Fig. 2

dkg

m.

J. Eriksson del. Central Tryckeriet, Stockholm.

Fig. 3.

m. dkg. sep. ph. pk. pl. ks. ep.

Fig. 6

ks.

Fig. 4.

ep sep.

Fig. 5.

ep sep.

Fig. 7.

J. Eriksson del. Central Tryckeriet, Stockholm.

Fig. 8.

Fig. 9.

J. Eriksson del.

Central Tryckeriet. Stockholm.

Fig. 10.

ep

pb.

ks.

pl.

pk.

sep.

Fig. 12

m.

pl

pb.

ep.

Fig. 11.

m.

Fig 13

m

ep

pb.

pl.

ks.

pl

pk

pb.

J. Eriksson del.

Central Tryckeriet, Stockholm.

J. Eriksson del.

Central Tryckeriet, Stockholm

m.

Fig. 17

ks. pl. pk.

Fig. 15. m

pl. pb. ep

m.

sep. ep. m.

Fig. 18

ep. pb. ks. pl. pk sep.

J. Eriksson del. Central Tryckeriet, Stockholm.

m

Fig. 19.

m ep pb ks pl. pk sep.

m.

Fig. 20.

m. ep pb. ks. pl. pk. sep.

J. Eriksson del.

Central Tryckeriet, Stockholm.

Fig. 22.

m.

m. sep pb. pk pl ks ep

Fig. 21

ep. pb ks. pl pk. sep

J. Eriksson del. Central Tryckeriet, Stockholm.

Fig. 23.

m.

m sep pb pk pl ks ep

k.

Fig. 24.

m.

pb. pl

Fig. 25.

m

pb. pk pl. ks.

J. Eriksson del.

Central Tryckeriet, Stockholm.

Fig. 26.

m

ep. pb. pk. pl. ks.

Fig. 27

pb pk pl ks

J. Eriksson del.

Central Tryckeriet, Stockholm.

Ueber Monostroma bullosum Thur. und Tetraspora lubrica Ktz.

Von

J. Reinke.

(Mit Tafel XXVIII.)

Die seit der Entdeckung des Geschlechts bei den Algen gesammelten Beobachtungen über die Form und den Modus des sexuellen Contactes erstrecken sich bereits über so zahlreiche natürliche Gruppen dieser Pflanzenklasse, dass wir wohl kaum noch auf die Entdeckung mehrer neuer Typen dieses Processes zu rechnen haben. Nur aus dem Entwicklungsgang der Nostochaceen sind keine sexuell zu nennende oder deren Stelle vertretende Erscheinungen bekannt; wenn man aber die Sexualität wegen ihrer Verbreitung und ihrer Existenz neben den ausgiebigsten Vorrichtungen für die Fortpflanzung der Individuen als eine fundamentale Function des Pflanzenlebens betrachtet, so wird man sich nicht leicht entschliessen, die Nostochaceen schon nach unseren jetzigen Kenntnissen als ungeschlechtlich zu proclamiren. Dass in dieser Gruppe noch Mancherlei sich der Wahrnehmung entzogen, lehrte mich u. A. die Beobachtung intensiv blaugrüner Schwärmsporen, welche in ruhende, Chroococcusartige Zellen übergehen, nach drei Richtungen sich theilen uud durch Gallerte verbundene Colonieen bilden, aus welchen die einzelnen Zellen wieder auszuschwärmen vermögen. Ich hoffe, gelegentlich Näheres über diese Pflanzen mittheilen zu können.

Für einige Gattungen von Phaeosporeen, die nur einerlei Schwärmsporen bilden (Phyllitis, Scytosiphon [1]), habe ich darauf hin-

---

[1]) Jahrb. f. w. Bot. XI.

gewiesen, dass wenigstens die Möglichkeit sexueller Einwirkung einer Zoospore auf die andere in der engen Verbindung gegeben ist, welche diese Gebilde eingehen, wenn sie sich beim Uebergang in den ruhenden Zustand zu Haufen an einander setzen. Eine solche Gruppirung von Schwärmsporen, wobei die Wände der benachbarten Individuen verwachsen, ist übrigens eine verbreitete Erscheinung; sie findet sich an zweifellos ungeschlechtlichen, wie an männlichen Schwärmern (Spermatozoidien von Cutleria), endlich werden wir sie unten sogar für Zygosporen kennen lernen. Ist nun — wie ich mir vorstelle — eine sexuelle Differenz zwischen den einzelnen Schwärmsporen bereits bei Pflanzen vorhanden, welche es nicht zu einer ausgeprägten und auffallenden Form des Zeugungsactes gebracht haben, so muss eine solche Verbindung, welche leicht von Schwärmsporen jeder Art eingegangen wird, zur Vermittelung einer sexuellen Wirkung ausreichen können. Wenn gerade in denjenigen Gruppen der Algen, wo die geschlechtlichen Formen noch wenig entwickelt sind, die Schwärmsporen, welche Träger der Sexualität sind, zugleich auch bei verfehlter sexueller Wirkung die Art neutral (parthenogenetisch) fortzupflanzen vermögen, so wird dies kaum befremden. —

Es schien mir nützlich, die Erscheinungen, welche den Entwicklungsgang von Phyllitis und Scytosiphon begleiten, hier noch einmal hervorzuheben, weil ich es für möglich halte, dass auch bei gewissen Gattungen grüner Algen, wo man bisher vergeblich auf Copulationserscheinungen fahndete, dieselben durch ähnliche Bildungen ersetzt werden.

Abgesehen von dieser Möglichkeit dürfen wir aber wohl vermuthen, die Typen, unter denen bei den rein grünen Algen die Sexualität auftritt, zu kennen. Die Aufgabe der Forschung gestaltet sich daher auf diesem Gebiete zu einer vergleichenden, jede Gattung muss in ihrem Entwicklungsgange klar gelegt werden, damit wir aus der Kenntniss der einzelnen Glieder den Verlauf der Ketten bestimmen können, in denen die natürliche Verwandtschaft sich offenbart.

Zunächst erscheint es besonders reizvoll, solche Formen zu untersuchen, in denen man nach den bereits vorliegenden Beobachtungen Bindeglieder zwischen wichtigen, in ihrem morphologischen Verhalten weit divergirenden Gattungen zu ahnen vermag. Dahin gehört die alte Ulva bullosa von Roth, welche von den neueren Systematikern

gewöhnlich zur Gattung Tetraspora gerechnet wird, während Thuret gegen diese Combination energisch protestirte, die U. bullosa anfangs für eine ächte Ulva erklärte[1]), sie aber später zum Typus eines eigenen, der Gattung Ulva nächstverwandten Genus Monostroma erhob[2]), welche ausserdem noch die U. oxycocca von Kützing und zwei neue Species, M. laceratum und M. orbiculatum Thur., umfasste. Monostroma unterscheidet sich dadurch von Ulva, dass die Thallusfläche nur eine Zellschicht mächtig ist, von Enteromorpha durch die Verbindung der Zellen unter einander: „Ce n'est plus, comme dans les Ulva et les Enteromorpha, une membrane à structure parenchymatique, c'est à dire formée de cellules polygonales, à parois bien nettes, réunies en un tissu serré; ici nous trouvons des cellules arrondies, plus ou moins écartées, souvent disposées en groupes quaternés, à parois peu distinctes, plongées dans une membrane incolore homogène." Ausser der einfachen Zellenlage wird also Monostroma durch ein sehr starkes Aufquellen seiner älteren Zellhäute charakterisirt.

Später hat dann Wittrock[3]) eine monographische Bearbeitung des Genus Monostroma geliefert, welches hiernach 14 Species umfasst. Für den allgemeinen Charakter der Gattung hebt Wittrock in Uebereinstimmung mit Thuret hervor, dass sich stets mehre, im Minimum 4 Zoosporen in einer Zelle bilden, und dass die Sporenbildung nicht lokalisirt sei. Wahrscheinlich besitze jede Art zweierlei Schwärmsporen, mit zwei und mit vier Cilien; die letzteren keimen sogleich, die ersteren nach einer Ruheperiode; ob Wittrock auch die Zoosporen von M. bullosum beobachtete, ist mir fraglich geblieben. Sehr bemerkenswerth ist noch die Beobachtung dieses Autors, dass ausser M. bullosum sämmtliche Arten aus der Basis ihres Thallus einen mehr oder weniger mächtigen Filz von farblosen Hyphen entwickeln, wie er bei den ächten Ulven vorzukommen pflegt.

Meine eigenen Beobachtungen an Monostroma bullosum haben Folgendes gezeigt.

---

[1]) Recherches sur les zoospores des algues. Ann. des sc. nat. 1850, p. 225. Taf. XXI. Fig. 1—4.

[2]) Mémoires etc. de Cherbourg 1854, p. 30 ff.

[3]) Försök till en monographi öfver Algslägtet Monostroma. Upsala 1866.

Im Monat März d. J. zeigte sich die Alge in seichten Wassergräben, theils untergetaucht, theils auf der Oberfläche schwimmend. Der Thallus der am weitesten entwickelten Exemplare hatte das Aussehen einer flachen oder blasig aufgetriebenen, im Umriss unregelmässigen Haut, an Farbe und Consistenz der an den norddeutschen Küsten häufigen Ulva latissima ähnlich. Jüngere Individuen bedeckten in Menge trocknes Zweigwerk, Strohhalme, Steine, die von Wasser bedeckt waren; hier bildete der Thallus eine mehr weniger rundliche, inwendig hohle Blase, die mit einer Seite ohne Entwicklung irgend welchen Rhizom's au den festen Gegenständen haftete. Einerseits liess sich feststellen, dass die flachen schwimmenden Individuen aus den befestigten, blasenförmigen hervorgegangen sein mussten, indem dieselben zerrissen und vom Substrate sich lösten; andrerseits gelang es, die jüngsten Entwicklungsstufen bis zu den ersten Theilungen im Innern grosser, dunkelgrüner, von einer derben Wand umgebener Zellen zurück zu verfolgen, welche offenbar überwinterte Dauersporen vorstellten.

In keiner Entwicklungsphase der Pflanze ist das Wachsthum derselben lokalisirt, an Bildungspunkte gebunden; stets zeigen alle Zellen Theilbarkeit, es ist ein intercalares Flächenwachsthum par excellence. Auch in den bereits flachen, schwimmenden Thallomen kann man noch lebhafte Theilung der Zellen beobachten. Diese Theilungen finden zunächst alle in einer Ebene statt, wodurch die einschichtige Zellenfläche entsteht, welche zum Namen Monostroma Veranlassung gab. Dieses Flächenwachsthum ist aber kein völlig gleichmässiges; an zahlreichen Punkten ist die Intensität des Wachsthums eine gesteigerte, dadurch entstehen die blasenförmigen Auftreibungen.

Die Richtung in der Zellentheilung ist im Allgemeinen eine sehr wechselnde; sie ist abhängig von der an sich variablen Form der Zellen, die ihrerseits wieder vom Druck ihrer Nachbarn beeinflusst wird. Die Zellen jedoch, welche den freien Rand der flachen schwimmenden Thallome einnehmen, zeigen das Bestreben, vorwiegend vom Thallus wegzuwachsen und werden dadurch förmlich zu Scheitelzellen kleiner, zackenartiger Aussprossungen; an anderen Stellen des Randes kommt es dann wieder vor, dass die Zellen zu einem festeren Saume dichter an einander schliessen, als in der eigentlichen Laubfläche.

Die Form der Zellen in der Flächenansicht ist eine gerundet eckige, wie aus Fig. 1 zu entnehmen; an älteren Exemplaren nähert sie sich oft mehr der Kugel. Der Inhalt ist durchweg grün gefärbt; allein ausser einem grossen, central gelegenen Amylonkern ist der wandständige Theil des Protoplasma verdichtet und (auf dem optischen Querschnitt) in etwa 12 bis 16 Portionen gesondert. Auch der Amylonkern ist von einer dichteren Plasmahülle umgeben und besonders in jungen Zellen deutlich durch grüne Plasma-Bänder mit dem Wandbeleg verknüpft; in älteren Zellen machen diese Bänder einem homogeneren, körnigen Plasma Platz. In manchen Individuen findet man auch Zellen, die an einer Seite fast farblos erscheinen.

Am Amylonkern selbst ist bei starker Vergrösserung, besonders nach Behandlung mit Kalilauge, eine dichtere peripherische Schale erkennbar. Behandelt man die frische Schale mit Jod, so zeigt diese Schale flüchtig einen hellblauen Ton an der Oberfläche, um sich darauf tief braun zu färben; eine deutlichere Blaufärbung tritt ein, wenn man vorher das Blattgrün durch Alkohol entfernte.

Der Theilung der Zellen geht eine Theilung des Amylonkerns voraus. Hierbei zeigt sich derselbe zuerst von einer Platte dichterer Substanz quer durchsetzt, womit eine biscuitförmige Einschnürung Hand in Hand gehen kann. Die Trennungsfläche bildet sich in der Mitte dieser Platte, jede der Kernhälften rundet sich ab und beide wandern aus einander. Dann entsteht zwischen beiden Kernen die Trennungsfläche der zwei Tochterzellen, in welcher sich sogleich eine zarte Zellwand ausscheidet.

Die Zellwände scheinen eines fast unbegrenzten Quellungsvermögens, beziehungsweise Dickenwachsthums, fähig zu sein; anfangs zart, dass man sie kaum doppelt contourirt erblickt, entwickeln sie sich bald zu einer Gallerte von sehr verschiedener Breite. (Vgl. Fig. 1.) In alten, namentlich nicht recht lebenskräftigen Individuen ist die zwischen zwei Zellen gelegene Gallerte mehrmals breiter als der Durchmesser der letzteren.

Die im März in Gläser eingesetzten, flach ausgebreiteten Individuen zeigten sehr bald die Bildung von Schwärmsporen, in welche nach wenig Tagen sämmtliche Zellen sich auflösten.

Die Zahl der in einer Zelle entstandenen Schwärmsporen wechselt von 4 bis 16; am häufigsten findet man deren 8. Aber auch,

wo mehr als vier gebildet werden, scheint immer eine Zwei- und Viertheilung des Zellinhalts vorauszugehen (Fig. 2). Bei diesen ersten Theilungen sieht man auch hier eine vorherige Vervielfältigung des Amylonkerns, der aber dabei undeutlicher wird. Bereits in den Mutterzellen erkennt man an jeder Zoospore einen ziegelrothen Pigmentfleck.

Nach dem Ausschlüpfen zeigen die Schwärmer eine breit-ovale Form, meist nicht viel länger als breit; ihr vorderer Theil ist farblos und trägt seitlich den Pigmentfleck, im hinteren Theil befindet sich der meist etwas concave Chlorophyllkörper; als Ruderorgane dienen zwei Cilien (Fig. 3). Alle sind von ziemlich gleicher Grösse.

Diese Zoosporen sind geschlechtlich. Nach kurzer Zeit des Schwärmens sieht man sie paarweise copuliren, indem zwei zusammentreffende Individuen erst mit den Cilien sich verwickeln, darauf seitlich von der Spitze nach der Basis hin verschmelzen (Fig. 4); seltener findet die Copulation in der Richtung der diametral stehenden Axen der Schwärmsporen statt (Fig. 4a).

Die copulirten Schwärmer lassen beide Chlorophyllkörper noch deutlich getrennt erkennen, ebenso bleiben die zwei Pigmentflecke in gewisser Distanz. Die Gesammtform ist eine verhältnissmässig weit mehr in die Länge gestreckte, als die der nicht copulirten Schwärmer, denen sie, mit vier Cilien begabt, an Beweglichkeit nicht nachstehen. Während ich die zweiwimprigen Schwärmer schon wenige Minuten nach dem Austritt aus den Mutterzellen zahlreich copuliren sah, so dauerte die Bewegung der vierwimprigen Zygosporen auf meinen Objectträgern[1]) in der Regel 2—3 Stunden, bis sich die letzten am Rande des Wassertropfens zur Ruhe gesetzt hatten.

Da es mir nicht gelungen ist, jemals bei Monostroma Schwärmer zu finden, die von Anfang an 4 Cilien gehabt hätten, also den Makrozoosporen von Enteromorpha entsprechen würden, so vermuthe

[1]) Ich pflege mich bei derartigen Untersuchungen der von Zeiss in Jena gefertigten, hohl geschliffenen Objectträger zu bedienen, welche mir die bequemsten und compendiösesten Feuchtkammern zu sein scheinen. Die matt geschliffene Oberfläche gestattet, den Rand eines grossen Deckglases, an dessen Unterseite ein Wassertropfen mit dem Beobachtungsobject schwebt, über der Höhlung fest zu reiben. Lässt man in geeigneten Zwischenräumen frische Luft eintreten und erneuert eventuell das Wasser, so kann man die meisten Algen längere Zeit in solchen Tropfen cultiviren.

ich, dass die von Thuret abgebildeten vierwimprigen Schwärmer Zygosporen darstellen.

Bald nachdem die Zygosporen zur Ruhe gelangt, lässt sich an ihrer Oberfläche eine Zellhaut nachweisen.

An den Objectträgern, welche in die von Monostroma-Schwärmern erfüllten Glasgefässe hineingestellt wurden, setzten diese letzteren sich dicht an einander. Isolirt zur Ruhe gekommene Zygosporen zeigen sich abgerundet, aber in Richtung ihrer Längsachse verkürzt (Fig. 5). Diejenigen, welche sich dicht an einander setzen, erhalten polygonale Wände durch gegenseitige Abplattung; sie können auch an der Oberfläche des Wassers grüne Häutchen von einem dichten Pseudo-Gewebe darstellen. Niemals aber wird daraus durch Verwachsung wieder ein hautförmiger Thallus, sondern jede Zygospore entwickelt sich langsam zu einer Dauerspore, welche gegen ihre Nachbarn sich kugelig abrundet.

Es ist von Interesse, die Wandlungen des Inhalts in diesen Dauersporen näher zu verfolgen. Am ersten Tage findet man noch in jeder Spore die zwei rothen Pigmentflecke, und die beiden Chlorophyllkörper durch einen oft an einer Stelle verbreiterten Streifen farblosen Protoplasma's von einander getrennt; in jedem Theil tritt deutlich ein Amylonkern hervor (Fig. 5). Dass in dem farblosen Bande nicht etwa eine Zellwand gebildet wird, erkennt man, sobald man den Inhalt der Zygospore mit Glycerin contrahirt (Fig. 5a). Bereits am zweiten Tage verschwinden die rothen Punkte, am dritten und vierten Tage verbreitet sich der grüne Farbstoff allmählich auch durch das Mittelband, während die Spore langsam wächst und die Amylonkerne anfangen, sich zu vermehren (Fig. 6a, b). Nach Verlauf einer Woche etwa bemerkt man an manchen Exemplaren, dass die ziemlich derbe Aussenhaut an der einen Seite eine starke, geschichtete und gallertige Verdickung bildet, der rudimentäre Ansatz zu einer Wurzelhyphe; einen solchen Zustand hat auch wohl Thuret als Keimpflänzchen gezeichnet (Fig. 6c). In der Folge zeigen die Amylonkerne noch weitere Vermehrung, und zuletzt ist die ganze von derber Haut umgebene Kugel von zahlreichen dunkel-grünen Körnern dicht erfüllt; extrahirt man das Grün mit Alkohol, so färbt jedes Korn mit Jod sich tief blau. Eigentliche Amylonkerne sind dann nicht mehr zu erkennen, dagegen findet man, dass der

körnige Inhalt im Centrum der Dauerspore eine grosse Vacuole einschliesst.

Es mag an dieser Stelle hervorgehoben werden, dass die hier beschriebene Entwicklung der geschlechtlich entstandenen Dauersporen von Monostroma auf das Engste der Entwicklung der Dauersporen von Ulothrix sich anschliesst, wie sie aus den Darstellungen von Dodel[1]) bekannt geworden.

Sodann möchte ich noch darauf aufmerksam machen, wie die Verbindung der zwei zwar gleich grossen, aber sexuell differenzirten Schwärmsporen in zwei Acte sich gliedert. Die eigentliche Copulation, die Herstellung einer vierwimprigen Zygospore ist das Werk weniger Minuten; aber mehrerer Tage bedarf es, bis eine solche Vereinigung und Verschmelzung der beiden Plasmaportionen vor sich gegangen, dass man wirklich von einer einheitlichen Zelle zu sprechen vermag, dass die Grenzen der beiden Mutterzellen sich nicht mehr nachweisen lassen.

Es dürfte diese Erscheinung sich anderen anreihen, wo auch die Befruchtung in zwei getrennte Acte sich sondert, die von Pringsheim[2]) als Copulation und Connubium unterschieden worden sind.

Nachdem diese Dauersporen 7 bis 8 Wochen langsam an Grösse zugenommen, begann ein Theil zu keimen; ein anderer Theil hat sich bis jetzt (Mitte August) unverändert erhalten.

Die Keimung tritt dadurch in die Erscheinung, dass das grobkörnige Gefüge des Inhalts einem feinkörnigen weicht und zugleich helle Linien eine Theilung in vier Portionen andeuten; aus diesen vier werden durch weitere Theilung bald 8 Zellen, deren jede nun wieder einen Amylonkern aufweist (Fig. 7). Diese Zellen stehen um die centrale Vacuole herum, sie bilden also eine kleine Hohlkugel; durch fortgesetzte Zweitheilung, die ausschliesslich in Richtung der Kugelfläche stattfindet, geht dann ein kleines hohles Bläschen daraus hervor, ein junger Monostroma-Thallus. In Fig. 8 ist eine aus mehren Zellen bestehende junge Hohlkugel gezeichnet, deren Wände bereits zu breiter Gallerte aufgequollen sind; wahrscheinlich befand das Individnum sich in keinem sehr lebenskräftigen Zustande.

---

[1]) Jahrbücher f. wiss. Bot. Band X. Tafel VII.

[2]) Ueber den Generationswechsel der Thallophyten. Jahrbücher f. wiss. Bot. Band XI. pag. 17.

Es wurde oben hervorgehoben, dass ich bereits im Frühjahr ausser den flachen Geschlechtspflanzen auch junge, bläschenförmige Individuen einsammelte, die sich bis auf das Stadium der Dauerspore zurückverfolgen liessen. Dieselben wurden in zahlreichen Behältern den Sommer hindurch cultivirt, um eventuell eine zweite, neutrale Form von Zoosporen zu liefern. Allein vergeblich, in keinem der Gläser gelang es mir, die kräftig vegetirenden Pflanzen zur Entwicklung von Schwärmsporen zu bringen. Statt dessen zeigte sich eine andere Form vegetativer Propagation, welche an diejenige von Prasiola sich anschliesst.

In der ersten Zeit der Cultur dieser direkt aus Dauersporen hervorgegangenen Pflanzen schon kam es öfter vor, dass einzelne Zellen nicht mehr in Richtung der Thallusfläche, sondern schräge oder gar vertical dazu sich theilten; eine der beiden so erzeugten Tochterzellen musste also über die normale Fläche hervortreten. Diese Zellen theilten sich dann selbständig weiter, und so entstanden kleine adventive Sprossungen, die bald die Form einer Hohlkugel annahmen und an der Fläche des Laubes hafteten. In anderen Fällen lösten die über die Fläche hinausgetretenen Zellen sich ganz vom Mutterthallus ab, sie konnten auf den Boden des Gefässes fallen und indem sie hier, ähnlich wie die Dauersporen, Theilungen eingingen, zu neuen Individuen heranwachsen. Bei noch älteren Exemplaren, im Juli, zeigte sich dann eine ganz eigenthümliche Auflösung der alten Individuen in die Keime zu zahlreichen neuen. Die einzelnen, durch die stark entwickelte Gallerte [1]) weit aus einander stehenden Zellen beginnen nämlich plötzlich sämmtlich ein individuelles Wachsthum. Jede einzelne theilt sich rasch hinter einander in 4, 8, 16 Zellen, welche bei weiterer Vermehrung die Anordnung einer Hohlkugel annehmen. Diese Zellen bleiben einander nahe, indem sie sich rasch vermehren, und durch völlige Verflüssigung der von den ursprünglichen Mutterzellen ausgeschiedenen Gallerte werden die einzelnen Nester zu lauter selbstständigen, jungen Thallomen (Fig. 9).

Dass schliesslich wieder Individuen von sexuellem Charakter entstehen, welche zweiwimprige Zoosporen gebären, steht wohl ausser Zweifel.

---

[1]) In diesem Zustande gleicht Monostroma dem Formgenus Gloeocystis.

Uebrigens halte ich es nach den wichtigen Beobachtungen von Famintzin[1]) keineswegs für undenkbar, dass von Monostroma auch unter Umständen neutrale Schwärmsporen gebildet werden sollten. Famintzin fand, dass Protococcus viridis bald durch Zoosporen, bald nur durch bewegungslose Brutzellen sich fortpflanzt, und es gelang ihm, diese Erscheinung experimentell auf bestimmte äussere Lebensbedingungen zurückzuführen. So könnte auch unter ganz besonderen Umständen, die ich bei meinen Culturen nicht erreichte, Monostroma vielleicht zur Produktion geschlechtsloser Schwärmer gebracht werden.

Durch die Copulation der zahlreich in einer Zelle gebildeten sexuellen Zoosporen, durch das flächenförmige, intercalare Wachsthum des Laubes schliesst Monostroma sich an die Ulvaceen, speciell an Enteromorpha, an. Aus den sorgfältigen Darstellungen Areschoug's[2]) kennen wir die Copulationserscheinungen der Mikrozoosporen von Enteromorpha compressa, und wissen, dass ruhende, von einer dicken Membran umgebene Dauersporen daraus resultiren; die Entwicklung dieser Dauersporen ist jedoch noch unbekannt geblieben. Während meines Aufenthaltes in der zoologischen Station zu Neapel brachte mir im October 1875 der Fischer prachtvolle Exemplare der schönen Ulva rigida, welche Mikrozoosporen entwickelten. Nach einigen vergeblichen Versuchen, die Copulation derselben zu beobachten, wobei die Zoosporen immer binnen wenig Stunden, ohne zu copuliren, desorganisirt waren, stand ich hiervon ab, weil Ulva auch an den heimathlichen Küsten in Menge zu haben ist: ich liess die Ulva-Exemplare jedoch in einem besonderen Glasbehälter stehen, und nach Verlauf einiger Zeit zeigten sich an den Wänden des Behälters zahlreiche grüne Flecke, die aus kugeligen Zellen bestanden. Ich behielt diese Zellen, welche muthmasslich durch Copulation von Mikrozoosporen entstandene Dauersporen von Ulva rigida waren, in Cultur, sie nahmen langsam an Grösse zu und namentlich an Dicke ihrer Zellwände; im März 1876 endlich sprosste aus jeder Spore ein neues Ulva-Pflänzchen hervor; die Sporen streckten sich in die Länge und theilten durch eine Wand sich in zwei Zellen, deren eine die Basalzelle des Pflänzchens war und eine Wurzelhyphe entwickelte, während die andere als Scheitelzelle

[1]) Bulletin de l'Acad. de St. Petersb. 1872. p. 31.

[2]) Observat. phycolog. II. pag. 9 und Botaniska Notiser 1876, No. 5.

einen kurzen Zellenfaden durch Quertheilung erzeugte (Fig. 16). Aber alle Gliederzellen dieses Fadens sind noch intercalarer Theilungen fähig. In einer der Gliederzellen treten dann zuerst kreuzweise Längswände auf, und bald setzt sich diese Längstheilung bis in die Scheitelzelle hinrin fort (Fig. 17). Von da an tritt allgemeines Flächenwachsthum ein, die Zellen theileu sich durch ganz beliebig orientirte Querwände. Die Zellen weichen hier aber in der Mitte nicht aus einander, wie bei Enteromorpha, sondern haften fest an einander, es entsteht ein flacher Körper, der aus zwei dicht auf einander liegenden Zellschichten besteht, deren jede für sich durch Flächentheilung wächst, ohne dass am Rande besonders funktionirende Initial-Zellen gelegen wären. Später entwickeln diese Zellen, wenigstens im unteren und mittleren Stück der Pflanze; lange, farblose Hyphen, welche, sich durch einander flechtend, zwischen den beiden Lamellen grüner Zellen sich ausbreiten, und so der Pflanze ihren eigenthümlichen, starren Habitus, an der Basis eine Dicke von mehren Millimetern, verleihen. Uebrigens entwickeln alle mir bekannten Arten von Ulva und Enteromorpha, ebenso von Porphyra, im unteren Theil der Thallome Hyphen; Kützing[1]) hat diese Gewebebildung der Ulven bereits abgebildet.

Aus dieser Beobachtung an Ulva rigida folgt, dass bei Ulva wie bei Monostroma aus den Dauersporen ohne eingeschaltete Schwärmerbildung neue Individuen direkt hervorzusprossen vermögen.

* * *

Tetraspora lubrica bildete im Mai d. J. in einem Graben bei Göttingen die ausschliessliche Algenvegetation; sie zeigte sich in der Form zahlreicher, dünner, Enteromorpha-artiger Schläuche, welche vom Boden des nur seichten Gewässers emporwuchsen. In der ersten Hälfte des April war noch keine Spur der Pflanze an dem betreffenden Standorte zu sehen; es ist anzunehmen, dass diese fadenförmigen Schläuche je aus einer Dauerspore hervorwuchsen. Nach kurzer Zeit wurden diese Schläuche immer breiter, sie lösten schliesslich an der Basis sich los und bildeten ziemlich formlose,

---

[1]) Tab. phycol. VI.

schwimmende Massen. In diesem Zustande nahm ich die Pflanze in Cultur, wobei ich meine Vorräthe vom natürlichen Standorte her von Zeit zu Zeit ergänzte.

Die Zellen von Tetraspora sind, wie bekannt, einer structurlosen Gallerte eingebettet, welche durch rasches Aufquellen der Membranen entsteht; sie liegen so lange zu vieren nahe bei einander, bis die jüngsten, zwischen diesen Tetraden befindlichen Wände ebenfalls gallertig sich verbreitert haben (Fig. 10). Da die Tetraden in einer Ebene liegen, so ist auch offenbar der Thallus ursprünglich einschichtig; aber wie schon Nägeli[1]) bemerkte, findet man ihn an älteren Individuen aus mehren Lamellen bestehend. Es rührt dies daher, dass von einzelnen Zellen die gemeinsame Wachsthumsrichtung in einer Fläche verlassen und eine davon abweichende Theilungsrichtung eingeschlagen wird; verschiedene derartige, aus der Hauptfläche heraustretende Emergenzen können sich dann wieder zu einer Gallertplatte vereinigen, die auch mit der Primär-Fläche verklebt.

Die Grösse der Zellen ist eine sehr verschiedene. Vier neuentstandene Tochterzellen übertreffen zusammen kaum das Volumen ihrer Mutterzelle, jede von ihnen wächst zu diesem Volum heran, während sie von den Nachbarzellen durch Gallertbildung sich trennt, und theilt sich dann auf's Neue. An solchen Stellen des Thallus, wo ein besonders rapides Wachsthum stattfindet — an den dünnen Schläuchen schien mir dies hauptsächlich der Gipfel zu sein — theilen die Zellen sich von neuem, wenn sie noch ziemlich klein sind. Solche Stellen sind an dem Fehlen grösserer Zellen zu erkennen.

Die Form der Zellen ist im Allgemeinen sphärisch. Der Inhalt besteht zum grössten Theil aus körnigem grünem Plasma mit einem Amylonkern im Innern; an einer Seite aber (der Vorderseite) findet sich ein ziemlich tief in das Innere hineinragender, farbloser Fleck. Die Tetraden-förmige Anordnung entsteht durch rasch wiederholte Zweitheilung; wie schon Nägeli hervorhebt, sind in eben getheilten Zellen die farblosen Flecke einander zugekehrt.

Bei der Theilung wird zunächst der Amylonkern unsichtbar, ebenso verliert der helle Fleck seine scharfe Abgrenzung und ver-

[1]) Gattungen einzelliger Algen, p. 71.

schwindet zuletzt vollständig. Die Theilungsebene fällt dann zusammen mit der ursprünglichen Verbindungslinie zwischen dem Amylonkern und dem farblosen Fleck. Nach geschehener Theilung entsteht ein neuer Amylonkern und ein neuer farbloser Fleck, ihre Verbindungslinie steht um 90 Grad gedreht zur Verbindungslinie der gleichen Organe in der Mutterzelle. Mitunter findet man vier Tochterzellen auch in tetraedrischer Stellung zu einander, so dass nur 3 Zellen in die Hauptfläche des Thallus fallen; damit ist der Ausgangspunkt für weitere Lamellenbildung gegeben.

In diesem Stadium lebhaften Wachsthums des ganzen Thallus habe ich keine Wimpern an den Zellen gefunden, während (feine, in der Gallerte parasitirende Bacillus-Fäden) oft den täuschenden Anschein derselben erweckten. Erst wenn die Pflanze zur Schwärmerbildung sich anschickt, dann bilden an den noch ruhenden Zellen sich Geisseln, und man erhält somit Bilder, welche der schönen Zeichnung von Thuret[1]) entsprechen.

Indem von dem farblosen Vorderende der Zelle zwei lange Geisseln in die Gallerte hineinragen, bildet sich in dem farblosen Fleck zugleich eine Vacuole aus, welche aus einer vorderen und einer hinteren Kammer besteht, von denen die letztere bis auf den Amylonkern hinabragt (Fig. 11).

Zunächst beginnt dann die Zelle in der Gallerte sich zu bewegen, erst langsam zuckend, dann rascher, bis sie schliesslich ihre Hülle durchbricht und im Wasser davon schwimmt. Meist sind es grosse Zellen, welche in dieser Weise ausschwärmen; aber auch kleinere, die noch zu vieren genähert sind, können es ihnen gleichthun.

Während des beweglichen Stadiums ist die Form dieser Schwärmer — Makrosporen — etwas in die Länge gestreckt; nach langem Umherschwärmen, oft erst nach mehren Tagen, kommt dann der Schwärmer an der Oberfläche des Wassers oder an festen, untergetauchten Gegenständen zur Ruhe. Dann verlieren sich die Cilien, die Vacuole verschwindet, die Form wird wieder kugelig; eine zarte Gallert-Membran war schon während des Schwärmens ausgeschieden.

Gleich nachdem die Makrospore zur Ruhe gekommen, tritt eine Theilung in zwei Zellen ein, der eine schnelle Ergänzung zur

---

[1]) Ann. des Sciences nat. 1850, Taf. XXI, Fig. 7.

Tetrade folgt. Beobachtet man eine einzelne zur Ruhe gesetzte Spore, so findet man oft, dass die vier Theilzellen nicht in einer Ebene liegen, sondern sich tetraedrisch berühren (Fig. 12). In diesem Fall erfolgen die weiteren Zelltheilungen radial zu einem Mittelpunkt, es entsteht eine kleine, von Gallerte erfüllte Hohlkugel; sind dagegen die ersten 4 Zellen in einer Ebene gebildet, so wird diese Wachsthumsrichtung auch ferner inne gehalten. In der grossen Mehrzahl der Fälle dagegen liegen zur Ruhe gekommene Makrozoosporen in Menge bei einander, und dann verschmelzen die von jeder einzelnen durch Theilung producirten Zellengruppen sehr schnell cönobitisch zu einer dicken breiten, formlosen Gallert-Colonie, in welcher sich die Bezirke der einzelnen Sporen nicht mehr deutlich abgrenzen lassen.

Ende Juni sammelte ich die Pflanze an ihrem natürlichen Standorte auch in Gestalt derartiger dicker Gallerte-Lappen, welche untergetaucht am Boden sassen. Die Zellen dieser Individuen zeigten mir grösstentheils eine viel weitergehende Zerkleinerung durch Theilung, als ich bis dahin gesehen hatte, die vier ersten Zellen grenzten sehr häufig tetraedrisch an einander, durch nochmalige Zweitheilung wurden 8 daraus, die, noch dicht bei einander liegend, als ganz kleine Schwärmer — Mikrozoosporen — ausschlüpften. In anderen Fällen geschah das Ausschlüpfen erst, nachdem die einzelnen Theilzellen einer solchen Gruppe durch Gallertbildung wieder mehr aus einander gerückt waren (Fig. 13).

Diese Mikrosporen bestehen aus grün gefärbtem Plasma mit einer helleren Spitze, an welcher sich zwei Cilien befinden. Sie sind ausgezeichnet durch eine sehr lange Dauer des beweglichen Zustandes — über drei Tage hinaus vermögen sie zu schwärmen — und durch die ausserordentliche Rapidität ihrer Bewegungen, welche die Verfolgung eines Individuums auf das äusserste erschwert. Beobachtet man einen mit Mikrosporen erfüllten Wassertropfen in der Feuchtkammer, so findet man bald einzelne Individuen paarweise mit den farblosen Spitzen zusammenhängen, wobei ihre Bewegung in's Stocken gerieth, und beide Schwärmer in langsamem Drehen um einander meist deutlich ihre zwei Wimperhaare erkennen lassen. Die Verschmelzung schreitet dann fort nach rückwärts, sobald aber ein gewisses Maass erreicht ist, beginnt die werdende Zygospore auf's Neue die lebhaftesten Bewegungen und ist stets binnen Kurzem

dem verfolgenden Auge entschwunden [1]). Den Beweis aber, dass die Mikrozoosporen wirklich copuliren, liefern die Individuen, welche sich allmählich am Rande des Tropfens sammeln: sie besitzen die doppelte Grösse der Mikrosporen und zeigen am Vorderende vier Cilien, sind also unzweifelhaft als Zygosporen zu deuten (Fig. 14a).

Die Zygosporen verlieren die Geisseln, nehmen Kugelgestalt an und scheiden eine Zellhaut aus; die zweiwimprigen Mikrosporen, welche die Copulation verfehlten, kommen auch schliesslich zur Ruhe, sie schwellen aber durch Wasseraufnahme an, um dann zu zergehen; ob aber nicht wenigstens einzelne von ihnen doch auch parthenogenetisch zu keimen vermögen, mag noch einstweilen dahingestellt bleiben.

Nach drei Tagen sind die Zygosporen zur Grösse der Makrosporen herangewachsen, durch eine feste, helle Membran von jenen sich unterscheidend (Fig. 15). Es ist möglich, dass, wenn der natürliche Standort der Pflanze austrocknet, die Zygosporen als Dauersporen dienen können. Bleiben sie dagegen stets im Wasser, so scheinen sie bereits nach kurzer Ruheperiode wieder zu keimen.

In meinen Culturen wenigstens fand ich nach 2 bis 3 Wochen auf den Objectträgern, welche mit Makrozoosporen und mit Zygosporen durch einander sich bedeckt hatten, keine Zellen mehr, die nicht Theilung eingegangen hatten; vier tetradenförmige Tochterzellen, dann eine kleine Hohlkugel, während die Zellwand zu Gallerte zerfloss, waren das Resultat.

Andrerseits fand ich an dem natürlichen Standorte auch nahe vor dem Austrocknen stehende Tetraspora, die eine röthliche Färbung angenommen hatte. In ein Glas gestellt, schwärmten die grossen, röthlichen Zellen bald aus: es waren alle Makrosporen. Zur Ruhe gekommen, schieden sie, ohne etwa copulirt zu haben — eine derbe Zellwand ab und stellten ruhende, röthliche Kugeln dar, die ich noch nicht wieder keimen sah.

Diese letzte Erscheinung findet ihr Analogon in Haematococcus pluvialis. Dass die neutralen Makrozoosporen dieser Alge zu rothen, ruhenden Kugeln werden, die der Trockenheit widerstehen, um

[1]) Nachträglich ist es sowohl mir, als einem meiner Schüler, Herrn Berthold, gelungen, an etwas trägeren Mikrozoosporen die Verschmelzung einzelner Paare vollständig zu beobachten.

später durch Wasser neu sich zu beleben, ist eine wohl jedem Phycologen aus Autopsie bekannte Thatsache; dass auch die Mikrozoosporen zu ganz ähnlichen, nur kleineren rothen Kügelchen austrocknen können, ist eine Beobachtung, die wir Alexander Braun[1]) verdanken; und ausser diesen beiden Dauerzuständen scheinen neuerlich Kjellmann und Wittrock[2]) auch die Zygosporen von Haematococcus gefunden zu haben. Hier haben also nicht blos die Makrozoosporen, sondern auch die Mikrozoosporen die Fähigkeit, durch einen Encystirungsprocess gegen nachtheilige äussere Umstände sich zu schützen und für längere Zeit Ruhezustände zu bilden, während bei manchen anderen Algen dies Vermögen erst dem Produkte geschlechtlicher Wirkung zukommt.

Aber näher noch als an Haematococcus schliesst die Gattung Tetraspora an Chlamydomonas sich an. Diese letzte Alge ist offenbar — soweit bis jetzt die Gattungen der niederen Algen erforscht sind — die nächste Verwandte von Tetraspora nach der einen Seite hin. Das hat schon Thuret[3]) erkannt und angedeutet. Die Hauptmomente, welche dafür sprechen, sind die Gestalt der Zellen, der eine, grosse Amylonkern, die Vacuole am Vorderende, die Art der Theilung, endlich die Bildung der Mikrozoosporen und deren Copulation. Aber auch in untergeordneten Momenten ist diese Uebereinstimmung eine auffallende; so in der langen Dauer des beweglichen Zustandes und in der successiven Verkleinerung der Makrozoosporen, die man namentlich auch bei Chlamydomonas an der Grösse zuletzt nicht von den Mikrosporen zu unterscheiden vermag. Beide Gattungen bilden Gloeocystis-artige Zustände. Uebrigens halte ich es nach Beobachtung an Chlamydomonas rostrata für wahrscheinlich, dass nicht copulirte Mikrosporen sich ebenso wie ächte Makrosporen — hier also parthenogenetisch — durch Theilung fortzupflanzen vermögen.

Dass nach der anderen Seite die Gattung Tetraspora die nächste Verwandte in Monostroma bullosum besitze, geht aus dieser Mittheilung wie ich glaube hervor; eine continuirliche Reihe also zeigt

---

[1]) Verjüngung p. 224.
[2]) Botaniska Notiser 1876, No. 5 p. 136.
[3]) l. c. p. 249.

sich in der Klimax: Chlamydomonas, Tetraspora, Monostroma, Enteromorpha.

Da andrerseits mir wie vielen Phycologen Chlamydomonas auch das Anfangsglied der Volvocinen-Reihe zu sein scheint, so liegt in der Verwandtschaft zu Tetraspora eine weitere Andeutung dafür, dass die Gattung Chlamydomonas eine centrale Stellung im Kreise der Algen, mit Euglena zusammen vielleicht überhaupt im Reiche der Organismen, einnimmt.

Erklärung der Tafel XXVIII.

Figur 1—9. **Monostroma bullosum.**

Fig. 1. Im Wachsthum begriffenes Stück des Thallus einer Geschlechtspflanze (1 : 680).
Fig. 2. Stück eines solchen Thallus mit Zoosporen-Bildung. Zwei Zellen sind bereits entleert. (1 : 960.)
Fig. 3. Zoosporen (1 : 960).
Fig. 4. Copulation der Zoosporen und Zygosporen während des beweglichen Stadiums (1 : 960).
Fig. 5. Zur Ruhe gekommene Zygosporen, bei a ein wenig in Glycerin contrahirt, um die Zellhaut zu zeigen (1 : 960).
Fig. 6. Fortentwicklung der Zygosporen (1 : 960).
Fig. 7. 8. Entstehung neuer Zell-Familien aus den Zygosporen (1 : 960).
Fig. 9. Stück des Thallus einer neutralen Pflanze, wo innerhalb der gemeinsamen Gallerte jede Zelle zu einem neuen Thallus-Anfang (einer hohlen Blase) sich entwickelt (1 : 330). Nach einem Glycerin-Präparat.

Figur 10—15. **Tetraspora lubrica.**

Fig. 10. Stück eines wachsenden, ungeschlechtlichen Thallus. (1 : 700.)
Fig. 11. Eine Makrozoospore (1 : 960).
Fig. 12. Eine zur Ruhe gekommene Makrozoospore, welche sich tetraedrisch theilt (1 : 960).
Fig. 13. Stück eines geschlechtlichen Thallus und Bildung der Mikrozoosporen (1 : 960).
Fig. 14. Mikrozoosporen, theils frei, theils copulirend, bei a eine bewegliche Zygospore (1 : 960).
Fig. 15. Zur Ruhe gekommene Zygospore nach achttägigem Wachsthum (1 : 960).

Figur 16 und 17. **Ulva rigida.**

Fig. 16. Junges, aus einer Dauerspore hervorgegangenes Keimpflänzchen.
Fig. 17. Spitze eines etwas älteren Keimpflänzchens.

Plasmodiophora Brassicae,

Urheber der Kohlpflanzen-Hernie.

Von

M. Woronin.

(Mit Tafel XXIX—XXXIV.)

Die „Hernie“ der Kohlpflanzen hat sich in den letzten Jahren sehr verbreitet, und verursacht gegenwärtig in vielen Gegenden Russlands, besonders in den Umgebungen von St. Petersburg, den Gemüsegärtnern einen sehr empfindlichen Schaden. Die Ursache dieser Krankheit und die Massregeln zum Vorbeugen derselben blieben aber bis jetzt unbekannt; desshalb kündigte die Kaiserl. Russische Gartenbaugesellschaft (in Petersburg) im Jahre 1872 die wissenschaftliche Erforschung der Kohlpflanzenhernie als Preisaufgabe an. Der Termin zur Einreichung der genannten Arbeit wurde auf den 1. November 1873 festgesetzt; da aber bis dahin keine solche eingetroffen war, wurde der Termin auf 2 Jahre, d. h. bis zum 1. November 1875, aufgeschoben; und nachdem die zweite Ankündigung auch ohne Erfolg blieb, wurde der Concurs wiederum auf 2 Jahre, d. h. bis zum 1. November 1877, aufgeschoben.

Ich, meinerseits, unternahm die Erforschung der Kohlpflanzenhernie ganz zufällig und von der Bestimmung des Concurs völlig unabhängig. Ich unternahm diese Arbeit im Jahre 1873 und habe meine Untersuchungen erst im Herbste vorigen Jahres (1876) vollendet; die Abhandlung, die ich hier vorlege, ist also das Resultat einer dreijährigen Arbeit. Es gelang mir, die wesentliche Ursache der Krankheit zu entdecken; ich fand nämlich einen neuen Organismus auf, den ich Plasmodiophora Brassicae nenne; untersuchte so ausführlich, wie möglich, seine ganze Entwickelungs-

geschichte und überzeugte mich durch Kulturexperimente, dass dieser Organismus der einzige Urheber der Kohlpflanzenhernie sei. Nachdem ich der Ursache der Krankheit sicher war, liessen sich auch leicht die Mittel aufsuchen, die, wenn nicht zur völligen Aufhebung der Krankheit, doch zur bedeutenden Linderung der Entwickelung derselben dienen können.

Vorläufige Mittheilungen über meine Untersuchungen habe ich zuerst in der botanischen Sitzung der Petersburger Naturforscher-Gesellschaft im Februar des Jahres 1874 gemacht,[1]) — später in Warschau, in der V. Versammlung der Russischen Naturforscher, und zuletzt, am 18. November 1876, in der botanischen Section der Petersburger Naturforscher-Gesellschaft.

Das Material zu meinen Untersuchungen, d. h. die an der Hernie erkrankten Kohlpflanzen, habe ich aus Petersburg selbst und seinen näheren Umgebungen (unter anderen auch im Bezirk von Zarskoie-Selo, aus dem Dorfe Vira), so wie auch aus den Umgebungen von Wiborg (in Finnland) erhalten.

Ich benutze hier die Gelegenheit, um meinen innigsten Dank allen denjenigen auszusprechen, die mir durch ihre Mitwirkung, sowohl im Erlangen des nöthigen Materials, als auch durch Angebung einiger literarischen Anweisungen, beigestanden haben.

Meine besondere Danksagung ertheile ich den Herren: P. Wolkenstein, E. Regel, E. Gratscheff, N. Kniper, E. Junge, C. Gernet, C. Maksimowitsch, A. Batalin, E. Ender, A. Hackmann und der Frau P. Tarnowsky.

I.

Die Krankheit der Kohlpflanzen, die bei den russischen Gemüsegärtnern unter den Namen: *ка*пус[illegible] (Kapoustnaja kila) = Kohlhernie allgemein bekannt ist, besteht darin, dass auf den Wurzeln dieser Pflanzen eigenthümliche Auswüchse verschiedener Gestalt und Grösse auftreten. Selten beschränkt sich die Krankheit darauf, dass die Auswüchse nur in sehr geringer Zahl und dabei blos auf einzelnen Wurzeln der erkrankten Pflanze zum Vorschein kommen; in diesem Falle erleidet die Pflanze fast gar keinen oder jedenfalls

[1]) Dieselbe Mittheilung ist auch in deutscher Sprache (in der Bot. Zeitung 1875, S. 337) veröffentlicht worden.

nur einen sehr unbeträchtlichen Schaden. Viel öfter dagegen erscheinen die Auswüchse in einer viel grösseren Anzahl und selbst in solcher Masse, dass alle Wurzeln damit bedeckt werden; sämmtliche Wurzeln der erkrankten Kohlpflanze haben dann ein ganz anderes Aussehen, als diejenigen der gesunden Pflanze, — sie sind nämlich völlig verunstaltet. Eine so starke Entwickelung der Wurzelhernie bringt den Kohlpflanzen einen sehr bedeutenden Schaden, der äusserlich dadurch sogleich hervortritt, dass der Kohlkopf an diesen Pflanzen entweder völlig weg-, oder in seiner Entwickelung jedenfalls sehr weit zurückbleibt.

Es kann aber auch vorkommen, dass Kohlpflanzen gut entwickelte Köpfe tragen und dennoch Wurzeln besitzen, die völlig oder nur theilweise mit Hernie-Auswüchsen bedeckt sind; dieses erscheint in dem Falle, wenn die Erkrankung nicht im allerjüngsten, sondern in einem späteren Alter der Kohlpflanze eingetreten ist.

Hieraus ersieht man also, dass die Kohlpflanze in allen ihren Entwickelungsstadien befallen werden kann, — und in der That trifft man die Hernie an den Kohlpflanzen vom Frühjahre an — wenn sie noch in den Mistbeeten als kleine Setzlinge stecken, bis zum Spätherbste, wenn die Kohlköpfe schon von ihren Strünken abgeschnitten werden.

Die Form dieser verschiedenartig gekrümmten Wurzelanschwellungen — dieser Hernie-Auswüchse, ist gewöhnlich so unbeständig und unregelmässig, dass es sehr schwer, ja fast unmöglich ist, von derselben eine völlig passende, richtige Beschreibung zu geben. — Ich verweise daher auf die Fig. 1—5 (Taf. XXIX) und die Fig. 6—11 (Taf. XXX), in welchen die Kohlhernie in natürlicher Grösse und in den verschiedensten Stadien ihrer Entwickelung abgebildet ist.

Die Grösse der höchst unregelmässigen und meistens sehr unförmlichen Wurzelauswüchse ist, wie man aus den Figuren gut ersieht, sehr verschieden; die bedeutendsten Auswüchse, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, waren von der Grösse einer gesunden Mannesfaust. Beiläufig sei hier bemerkt, dass die allergrössten Hernie-Anschwellungen meistens auf der Pfahlwurzel sich befinden; die Auswüchse, die auf den Nebenwurzeln sich entwickeln, sind dagegen in der Regel viel kleiner.

Die Farbe der Hernie-Auswüchse ist der der gesunden Wurzeln

gleich, nämlich schmutzig-grau oder blassgelb. Durchgeschnitten sehen die Auswüchse ganz schneeweiss aus und erweisen sich dabei von einer ziemlich derben Consistenz; mit einem scharfen Messer lassen sie sich, einer Kartoffelknolle oder einer beliebigen Rübe gleich, leicht schneiden. So beschaffen sind aber die Hernie-Auswüchse blos im Anfange; später werden dieselben runzelig, welk und mürbe, nehmen hierbei eine dunklere Färbung an und gehen dann zuletzt in eine faulende, leicht zerfallende, bisweilen selbst halb flüssige, dunkelbraune Masse über, die meistens einen starken, sehr übeln Geruch verbreitet. So viel ich es bemerken konnte, erhalten sich die Kohlhernie-Auswüchse in einem trockenen Boden mehr oder weniger lange Zeit, ohne dabei bemerkbare Veränderungen zu erleiden; in feuchter Erde dagegen und besonders nach einem starken, mehrtägigen Regen faulen dieselben ungemein rasch. Beim Processe des Faulens fällt das parenchymatische Gewebe der Wurzel völlig auseinander; die Gefässstränge derselben erhalten sich aber noch einige Zeit in Form eines faserigen Bündels (vergl. Taf. XXIX, Fig. 2; Taf. XXX, Fig. 6). In den meisten Fällen beginnt die Fäulniss am unteren Theile der Hauptwurzel und an den am tiefsten in der Erde liegenden Nebenwurzeln; während diese unteren Auswüchse allmälich in Fäulniss übergehen, wachsen über denselben neue Wurzeln hervor, die ihrerseits bald auch erkranken und mit Hernie-Anschwellungen sich bedecken u. s. w.; zuletzt wachsen neue Wurzeln aus dem unteren Theile des Kohlstrunkes, und zwar aus den auf demselben sich befindenden Blattspuren. In den Gemüsegärten kommen zuweilen solche Kohlpflanzen vor, welche an die Beeterde nur durch diese oberen, zum Theil selbst oberhalb der Erde entspringenden Wurzeln befestigt sind, während alle ihre übrigen Wurzeln nicht blos erkrankt, sondern schon halb verfault sich erweisen.

Die Herniekrankheit befällt alle Kohlsorten: den Kopfkohl (den weissen, wie den rothen), den Blumenkohl, den Braunkohl, den Wirsing, den Kohlrabi, alle Kohlrübensorten (Br. Rapa und Br. Napus), den Reps u. s. w., und nicht blos alle Arten der Gattung Brassica, sondern auch einige andere Pflanzen aus der Familie der Cruciferen; — so z. B. ist die Kohlhernie auf der Iberis umbellata (Taf. XXX, Fig. 9) und auf der Levkoye gefunden worden.

Die Kohlhernie scheint ein allgemein verbreitetes Uebel zu sein;

wenigstens ist dieselbe nicht nur in Europa, sondern auch in Amerika allbekannt. In Europa scheint sie überall aufzutreten; in Russland (in den Umgebungen von Petersburg und Warschau) und in Finnland (bei Wiborg) habe ich sie selber aufgefunden und untersucht, — ausserdem besitze ich aber eine ganze Reihe literarischer und privater Angaben über die Verbreitung dieser Kohlkrankheit in England, Schottland, Belgien, Frankreich, Deutschland und Spanien. — In England wird die Kohlhernie Clubbing, Club-Root, Ambury, Anbury oder Hanbury, oder auch Fingers-and-toes genannt.[1]) Unter diesem letzteren Namen ist sie auch in Schottland und in Amerika wohl bekannt. Die Belgier nennen sie „Vingerziekte“ oder „maladie digitoire“. Bei den Deutschen wird die Kohlhernie mit dem Namen „Kelch oder Kropf des Kohles“ bezeichnet. Sie ist in Deutschland in vielen Ortschaften aufgefunden worden, so z. B. in den Umgebungen von Hamburg, am Rhein, im Harzgebirge, in Würzburg und in Preussen (in Gumbinnen).[2]) — Der Spanier Ruiz Diaz de Isla, einer der ältesten Syphilographen, sagt, dass in seinem Vaterlande auf den Kohlpflanzen syphilitische Anschwellungen auftreten, nach der Beschreibung, die er giebt, ist es aber ganz ausser Zweifel, dass diese Auswüchse nichts anderes sind, als Kohlhernie.[3])

[1]) Vgl. Gardener's Assistant, p. 245 und 361; Charles Mintosch: The Book of the Garden, p. 111; Johnson: The cottage Gardener's dictionary, p. 28.

[2]) Die hier eben angeführten Data sind von mir aus der „Hamburger Garten- und Blumenzeitung“ von Ed. Otto (9. Jahrgang) Hamburg 1853, p. 433, 477, 514 und 535; und aus der „Zeitschrift des landwirthschaftl. Vereins für Rheinpreussen“ (Heft 5, Jahrgang 1853) bezogen worden. Ueber das Auftreten der Kohlhernie in Preussen (in Gumbinnen) vgl. R. Caspary: „Eine Wruke (Brassica Napus L.) mit Laubsprossen auf knolligem Wurzelausschlag“, in den „Schriften d. Physik.-Oekon. Gesellschaft zu Königsberg“, Jahrgang 1873, S. 109.

[3]) Ich führe hier die authentischen Worte des Ruiz Diaz de Isla an, die ich aus Dr. E. Lancereaux's „Traité historique et pratique de la Syphilis“ (Deuxième édition, Paris 1873, p. 591) entlehne. Ruiz Diaz de Isla sagt folgendes: „A Baïza, mon pays, j'ai observé des choux atteints de syphilis. Cette maladie leur est communiquée par les eaux stagnantes dans lesquelles a été lavé le linge des vénériens, et dont on s'est ensuite servi pour les arroser. Les excroissances de ces plantes ressemblent à tel point aux pustules du mal français, que les enfants les coupent avec des ciseaux et les collent sur leur visage pour simuler la maladie. Du reste, les autres plantes potagères souffrent aussi de la maladie, non moins qu'un grand nombre d'animaux.“

Obgleich die Kohlhernie so allgemein verbreitet ist, blieb dennoch bis heutzutage die Untersuchung dieser Krankheit völlig vernachlässigt. In den letzten Jahren hat sie sich am meisten in Russland entwickelt, — eine Erscheinung, die sehr leicht zu erklären ist: in keinem anderen Lande wird die Kohlpflanze so massenhaft cultivirt, wie in Russland. Nach der Berechnung des Herrn E. Gratscheff (eines der ansehnlichsten Petersburger Gemüsegärtner) steigt der jährliche totale Betrag des Kohlanbaues für Petersburg allein bis zu der ansehnlichen Summe von 300,000 Rubl. Besonders haben die russischen Gemüsegärten Ende der 60er und Anfang der 70er Jahre gelitten, so z. B. im Jahre 1869 ist bei Petersburg, nach den Angaben von E. Gratscheff, fast die Hälfte des gebauten Kohles durch die Hernie vernichtet worden. Eine so starke Entwickelung der Kohlhernie verursachte selbstverständlich den Gemüsegärtnern einen sehr empfindlichen Verlust, wodurch dieselben sich gezwungen fanden, endlich eine gehörige Aufmerksamkeit dem Auftreten der Krankheit zu schenken; dieses veranlasste auch die Petersburger Gartenbaugesellschaft, einen Concurs für die wissenschaftliche Untersuchung der Kohlhernie zu eröffnen.

Wenn wir uns jetzt zur Literatur wenden, finden wir in derselben keine einzige Arbeit, in welcher die Kohlhernie einer streng wissenschaftlichen Untersuchung unterworfen wäre; begreiflich ist es demnach, warum die eigentliche Ursache ihres Auftretens bis heutzutage völlig unerklärt geblieben ist. — Die meisten Landwirthe und Gärtner, die die Sache näher betrieben haben, sind zu der Ueberzeugung gekommen, dass diese Krankheit durch eine ganze Reihe von Insekten verursacht wird; unter denselben werden, als die wichtigsten, folgende Formen angegeben: Anthomyia Brassicae, Anthomyia trimaculata, Curculio pleurostigma, Curculio contractus, Centorhynchus sulcicollis, Centorhynchus assimilis.[1]) — Dieses ist aber ein Irrthum; die

[1]) Vgl. Rob. Thompson: Gardener's Assistant, p. 245 et 361; G. Johnson: The Cottage Gardener's Dictionary (1857), p. 28; C. Mintosch: The book of the Garden, 2. vol. p. 111; Boisduval: Essai sur l'Entomologie horticole, p. 145; Taschenberg's Entomologie in der russischen Uebersetzung von Baillon (1871). — In dem Berichte des Schulactes der Petrowsky-Rasoumowsky'schen Landwirthschaft- und Forst-Akademie in Moskau für das Jahr 1873 steht auf S. 33: „Die Kohl- und Rübenpflanzen haben von drei Species der Kohlfliege (Anthomyia)

Insekten sind hier blos eine Nebensache. In den frischen Auswüchsen der Kohlhernie, so lange dieselben noch derb sind, trifft man gewöhnlich kein einziges Insekt; letztere erscheinen in den Herniegeschwülsten nur zur Zeit der Fäulniss, — was auch schon von den Engländern beobachtet wurde.[1]) — Die in Fäulniss und Zersetzung gerathenen Anschwellungen spielen hier für die Insekten dieselbe Rolle, wie jede andere in Verwesung begriffene organische Substanz, wie z. B. Fleisch, Obst, Schwämme u. dgl. Die Insekten legen da ihre Eier, und in dieser faulenden Masse entwickeln sich dann die Larven; das Vorhandensein der Insekten ist also eher als Folge und keinesfalls als Ursache der Hernie zu betrachten. Es ist schon im Jahre 1872 von Herrn A. Welitschkoff (Landwirth und Gutsbesitzer aus Gschatsck) ganz richtig die Meinung ausgesprochen, dass die Kohlhernie nicht durch Insekten hervorgerufen wird.[2])

Was die Herren Botaniker anbelangt, so hat eigentlich keiner von ihnen die Kohlhernie einer sorgfältigen Untersuchung unterworfen. J. Kühn („Die Krankheiten der Kulturgewächse" 1858. S. 252 und 253) unterscheidet auf den Kohlwurzeln zweierlei Anschwellungen. Die einen sollen, seiner Meinung nach, durch Anthomyia Brassicae hervorgerufen werden; die anderen werden von J. Kühn mit den Anschwellungen verglichen, die auf den Stämmen und Wurzeln der Coniferen (z. B. auf Pinus Picea) vorkommen sowohl, wie auch mit denen, die auf der Runkelrübe auftreten, und an deren Entwickelung, wie er sagt, die Insekten keinen Antheil nehmen. — Bei P. Sorauer („Handbuch der Pflanzenkrankheiten" 1874, S. 167) werden die Wurzelauswüchse der Kohl-

---

stark gelitten; die Wurzeln der genannten Pflanzen wurden durch diese Insekten stark beschädigt und bedeckten sich in Folge dessen mit Geschwülsten, die in Fäulniss übergingen." — In einer der Sitzungen der Kaiserl. Russischen Gartenbaugesellschaft in Petersburg (am 15. Januar 1872) wurde von Herrn Iversen mitgetheilt, dass er die aus Herrn Gratscheff's Gärtnerei stammende Kohlhernie untersucht und hofft bis zum Frühjahre (1873) das Insekt zu bestimmen, glaubt aber dabei, dass in der Krankheit nicht nur ein Coleopter, sondern auch ein Dipter betheiligt ist.

[1]) Man vergleiche die oben angeführte englische Literatur.

[2]) Vgl. „Die Berichte der Kaiserl. Gartenbaugesellschaft zu St. Petersburg" 1872, S. 440 (in russischer Sprache).

pflanze nur ganz flüchtig erwähnt, und als Urheber derselben wird Ocyptera brassicaria F. angeführt.

Die einzigen und dabei völlig richtigen Abbildungen der Kohlhernie (auf Wruken) finden wir bei R. Caspary.[1]) — Obgleich er aber die Herniewurzelauswüchse einer mikroskopischen anatomischen Untersuchung unterworfen hat, ist es ihm dennoch nicht gelungen, die eigentliche Ursache ihrer Entstehung zu entdecken; — er fand, wie er sagt, „keine Spur von Pilzhyphen oder Insektenstichen oder sonstiger äusserer Beschädigung, die muthmasslich eine Veranlassung zur Bildung der Knöllchen gegeben hätten."

R. Caspary schenkte aber weniger Aufmerksamkeit den Anschwellungen selbst, als den Laubsprossen, die darauf vorkommen. Mir sind auch mehrmals solche Laubknospen auf den Wurzelanschwellungen der Kohlhernie vorgekommen, und dabei nicht allein auf der Wruke, sondern auch auf dem gewöhnlichen Kohle (Taf. XXX, Fig. 6), besonders aber kräftig und schön entwickelt auf dem Kohlrabi. Das Auftreten von Laubsprossen auf den Wurzelauswüchsen der Kohlhernie ist schon allein und für sich eine höchst interessante Erscheinung, da, so viel mir bekannt ist, die Entwickelung solcher Laubsprossen nie auf gesunden, sondern nur auf erkrankten, durch Hernieanschwellungen verunstalteten Kohlwurzeln vorkommt.

Die eigentliche Ursache der Kohlhernie blieb also bis heutzutage unbekannt; und mir ist es nun gelungen, sie zu enträthseln. Beim Untersuchen der Auswüchse an den erkrankten Wurzeln fand ich einen neuen Organismus, den ich Plasmodiophora Brassicae benannte; — aus der allmälichen, von mir untersuchten Entwickelungsgeschichte hat es sich erwiesen, dass er als der einzige Urheber der Kohlhernie zu betrachten ist.

In den Gardener's Chronicle (Februar d. J.) hat R. Caspary einen kurzen Beitrag veröffentlicht, in welchem er die Resultate anführt, die er bei der Aussaat der Samen einer erkrankten Wruke

---

[1]) R. Caspary: „Eine Wruke (Brassica Napus L.) mit Laubsprossen auf knolligem Wurzelausschlag", in den Schriften der Physik.-Oekon. Gesellschaft zu Königsberg, Jahrgang 1873, S. 109; Taf. XIV, Fig. 1—3. — „Hereditary Deformity in Brassica Napus" in The Gardener's Chronicle, 3. Febr. 1877, p. 148; Fig. 25.

erzielt hat. Das Auftreten verschiedenartiger knolliger Anschwellungen bei der Wruke und die Entwickelung von Laubsprossen auf diesen anormalen Wurzeln, nimmt R. Caspary für eine natürliche, constante Erscheinung an; sie wird, seiner Meinung nach, zur individuellen Eigenschaft der Pflanze und lässt sich durch die Samen erblich fortpflanzen. — Diese Auffassung ist aber sicherlich falsch.

Die von R. Caspary angegebenen Resultate können einfach folgenderweise erklärt werden: die jugendlichen Pflänzchen, die R. Caspary aus den Samen der erkrankten Wruke erzogen hatte, pflanzte er in Beeterde, in welcher, ohne allen Zweifel, Plasmodiophora-Sporen sich befanden; und von diesen Sporen stammt, meiner Meinung nach, gerade die eigentliche Ursache der Erkrankung der Keimpflänzchen. — Was die Wurzel-Laubsprosse anbelangt, können dieselben, wie es sich aus R. Caspary's Experimenten erwies, in neue Individuen sich entwickeln, — können also die Rolle von Keimpflänzchen spielen; sie aber als solche zu benutzen, würde ich Niemandem den Rath geben, da alle diese Laubsprosse von der Krankheit schon angesteckt sind, — mit anderen Worten, die Plasmodiophora schon in sich enthalten (vergl. Fig. 45 auf der Tafel XXXIII).

II.

Bevor ich zu der Beschreibung meiner Plasmodiophora übergehe, will ich zwei nicht unwichtige Nebenthatsachen kurz erwähnen.

1) Die jungen Kohlpflänzchen gehen im Frühjahr, wenn sie noch in den Mistbeeten sitzen, oft zu Grunde, doch hat dieses eine ganz andere Ursache, die mit der Entwickelung der Plasmodiophora nicht im Zusammenhange steht. An den jungen Keimpflänzchen, die erst die Keimblätter tragen oder höchstens mit 2—3 Paar Stengelblättern versehen sind, fängt das äussere parenchymatische Gewebe des hypocotylen Gliedes an zu faulen; es geschieht gewöhnlich an der Stelle, wo der Stengel in die Wurzel übergeht, am Niveau der Erde; das zarte Stengelchen der jungen Pflanze beugt sich nieder, legt sich auf die Erde, wird welk und geht dann meistens in Fäulniss über. Die mikroskopische Untersuchung hat gezeigt, dass diese Zerstörung der jungen Keimpflänzchen durch ein Chytridium verursacht wird, das sich in die Wurzeln und in den hypocotylen Stengel

eindrängt und dort seine ganze Entwickelung vollbringt. Für dieses neue Chytridium schlage ich den Namen Chyt. Brassicae vor. Dem Baue und der ganzen Entwickelung nach sieht Chyt. Brassicae den übrigen Chytridium-Species völlig gleich; am nächsten zu ihm stehen aber folgende Formen: Chytridium (Olpidium) endogenum Al. Br., Chyt. apiculatum Al. Br., Chyt. Saprolegniae Al. Br. (Olpidiopsis Saprolegniae Cornu) und Olpidiopsis incrassata Cornu.[1]) Bei dieser grossen Aehnlichkeit mit den eben genannten Formen kann die Beschreibung mit Bezugnahme auf die in Fig. 12—18 (Taf. XXXI) gegebenen Abbildungen sehr kurz gefasst werden.

Wie aus den Figuren zu ersehen ist, besitzt jedes kugelförmig abgerundete Zoosporangium von Chyt. Brassicae einen feinen Hals, dessen Länge sehr verschieden sein kann. Die Zoosporangien, welche in den Epidermiszellen des hypocotylen Gliedes oder in den Zellen des Wurzel-Epiblems stecken, haben einen sehr kurzen Hals, während diejenigen, die tiefer, d. h. in den Zellen des Rindenparenchyms liegen, immer mit einem viel längeren Halse versehen sind; es sind daher nicht selten solche Zoosporangienhälse aufzufinden, die, bevor sie an die Oberfläche der Nährpflanze gelangen, sich einen Weg durch 3—4, oder manchmal auch 5 aufeinanderliegende Zellreihen durchbrechen müssen. Beim Heraustreten der Zoosporen öffnet sich der Zoosporangiumhals an seiner Spitze, über der Oberfläche der Nährpflanze; manchmal fand ich aber auch solche Zoosporangien, die sich innerlich öffneten und ihre Zoosporen aus sich ausschwärmen liessen in die Zellen des sie ernährenden Parenchyms. — Die Zoosporen von Chytridium Brassicae (Taf. XXXI, Fig. 15) bestehen aus einem nackten plasmatischen Körper von runder, fast regelmässig kugeliger Form; sie sind, wie alle Schwärmer der Gattung Chytridium, blos mit einer Cilie versehen und besitzen innerlich, ausser einer kleinen Vacuole, noch einen farblosen, öltropfartigen Kern meistens sehr geringer Dimension. —

Chytridium Brassicae ist, ausser den Zoosporangien, noch mit anderen Reproductions-Organen, nämlich mit Ruhesporen

---

[1]) Vgl. Al. Braun: „Ueber Chytridium", 1856, S. 61. — M. Cornu: „Monographie des Saprolégniées", Ann. des sc. nat. V. série, tome XV (1872), p. 145 et 146; pl. 3 et 4. — N. Pringsheim: Jahrb. für wissenschaftl. Botanik II. p. 219; Taf. XXIV.

(Dauerzellen, spores immobiles) versehen. Dieselben sind von mir in den Epiblemzellen der Wurzeln gefunden worden (Taf. XXXI, Fig. 16, 17, 18). Sie sind farblos oder blassgelb gefärbt, besitzen dabei eine verhältnissmässig dicke Membran und sind von einer mehr oder minder sternförmigen Gestalt, was ihnen eine gewisse Achnlichkeit mit Amöben- oder Infusorien-Cysten verleiht. Der Plasma-Inhalt dieser Körper ist farblos, feinkörnig und gewöhnlich mit einem grösseren oder einigen kleineren Oeltröpfchen versehen. Leider ist es mir nicht gelungen, weder die Entwickelung, noch das weitere Schicksal dieser Körper zu verfolgen; nach Analogie aber mit ähnlichen Ruhesporen, die bei anderen Chytridiaceen aufgefunden und letzthin durch Cornu· und Nowakowsky sorgfältig untersucht worden sind,[1]) kann man mit Bestimmtheit annehmen, dass die Ruhesporen von Chytridium Brassicae, gleich den Zygosporen, durch Copulation zweier Plasmakörper zu Stande kommen und, nach einer gewissen Ruhezeit, sich in Zoosporangien umbilden.

2) Jetzt will ich noch eine kurze Bemerkung über die Structur der jungen und noch völlig gesunden Kohlwurzel machen. Diese zeigt in ihrem Bau eine nicht uninteressante Eigenthümlichkeit, die, so viel ich weiss, von Niemandem noch berücksichtigt worden ist. Ihre Endodermis oder Schutzscheide[2]) nämlich wird umgeben von einer Parenchymschicht, welche durch ihren Bau an die sogenannte secundäre oder Aussenschutzscheide erinnert, die nach den Untersuchungen von Ph. van Tieghem,[3]) J. Reinke,[4])

---

[1]) M. Cornu: Monographie des Saprolégniées." Ann. des sc. nat. V série, tome XV (1872), p. 120, 137 etc. — L. Nowakowski: „Beitrag zur Kenntniss der Chytridiaceen", in den „Beiträgen zur Biologie der Pflanzen" von F. Cohn, Bd. II, Heft 1, p. 73 und Heft 2, p. 201.

[2]) Schutzscheide (R. Caspary), Gefässbündelscheide, Vaginalschicht, Plerom- oder Strangscheide (J. Sachs), Endodermis (Oudemans, de Bary). — Nach de Bary's Vorschlage soll von nun an die üblich gewordene Benennung „Schutzscheide" durch den von Oudemans zuerst eingeführten Namen „Endodermis" ersetzt werden (vgl. A. de Bary: Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne" in „Handbuch der physiolog. Botanik, Bd III (1877), S. 129.

[3]) Ph. van Tieghem: Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires." Ann. des sc. nat. V série, tome XXIII, p. 5.

[4]) J. Reinke: „Morphologische Abhandlungen." Leipzig 1873.

E. Strasburger,[1]) J. Klein[2]) u. A. den Wurzeln einiger Coniferen zukommt. Diese Eigenthümlichkeit, die bis heutzutage als charakteristisches Merkmal blos für einige Coniferen gilt,[3]) ist, wie es aus meinen jetzigen Untersuchungen zu ersehen ist, auch bei den Kohlpflanzen vorhanden.

In den jungen Wurzeln der Kohlpflanzen besitzt, wie bei den Coniferen, jede Zelle der innersten, der Endodermis unmittelbar anliegenden Periblemschicht, an ihren radialen und Querwänden, eine sonderbare continuirliche Membranverdickung; dieselbe ragt in Form einer wulstartigen Ringleiste in's Lumen der Zelle hinein, wobei, was besonders hervorzuheben ist, die sämmtlichen Verdickungswülste aller Zellen dieser Periblemschicht stets einander innigst correspondiren (vergl. Taf. XXXI, Fig. 20—23). Auf dem tangentalen Längsschnitte (Fig. 23) erscheint die Ringwulst jeder dieser Periblemzellen in Form eines viereckigen Rahmens, der in die Zelle fest eingesetzt ist und ihr gewissermassen als Stütze dient. Zusammenhängend bilden diese Wülste ein Gitterwerk, von welchem der Centralcylinder, d. h. der Wurzelpleromkörper, völlig umschlossen wird. Nicht selten, wie es aus der Fig. 20 zu sehen ist, finden sich diese eigenthümlichen Verdickungen nicht nur an einer, sondern an 2 neben einander liegenden Reihen der innersten Periblemzellen, — eine Erscheinung, die schon früher auch bei einigen Coniferen, z. B. bei Thuja, wahrgenommen worden ist. — Das Charakteristische aber in der Structur dieser Zellen besteht darin, dass dieselben auf ihrer innern tangentalen Wand mit einer sehr feinen und zierlichen netzartigen Verdickung versehen sind. Dieses Netz nimmt seinen Ursprung aus dem eben beschriebenen Ringwulste, — es wächst so zu sagen aus demselben hervor und breitet sich dann auf der inneren tangentalen Wand der Zelle ganz regelmässig aus (Taf. XXXI, Fig. 22 und 23). Was die äusseren Tangentalwände dieser inneren Periblemzellen anbelangt, so besitzen dieselben meistens ebenfalls eine sehr zarte Ver-

---

[1]) E. Strasburger: „Die Coniferen und Gnetaceen", Jena 1872, p. 340.

[2]) J Klein: „Zur Anatomie junger Coniferen-Wurzeln", Flora 1872, p. 81. Nachtrag, p. 103. „Weitere Beiträge zur Anatomie junger Coniferen-Wurzeln", Flora 1872, p. 385.

[3]) Nach den Untersuchungen von van Tieghem, E. Strasburger, J. Reinke und J. Klein findet sich diese Eigenthümlichkeit bei den Taxineen und Cupressineen, während sie bei den Abietineen gar nicht vorkommt.

dickung, die hier aber nicht in Form eines völlig ausgebildeten Netzes, sondern blos als eine schwache Andeutung desselben aufzutreten pflegt; diese Verdickungsstellen haben hier die Form von sehr feinen, einfachen oder verzweigten Adern, die ebenfalls aus dem mehrfach erwähnten Wulstringe der Zelle ihren Ursprung nehmen (Fig. 22). — In der Wurzel der Kohlpflanze, wie in jeder anderen Dicotylen-Wurzel, stirbt, beim Eintreten des Dickenwachsthums des Pleroms, das äussere Rindenparenchym (das sogenannte Periblem) der jungen Wurzel ab, und wird dabei total, bis zu der Endodermisschicht allmählich abgeworfen (Taf. XXXII, Fig. 24); die innersten Zellreihen des Periblems, welche die eben beschriebene Gitterverdickung zeigen, sterben ebenfalls ab und werden nebst den übrigen Periblemschichten mit abgeworfen.

III.

Ich gehe jetzt zu der Beschreibung der Plasmodiophora über.

Wenn wir zwei Querschnitte machen: den einen durch eine junge, völlig gesunde Kohlwurzel (Taf. XXXII, Fig. 25) und den anderen durch eine Wurzel gleichen Alters, die schon etwas an der Hernie erkrankt ist (Taf. XXXII, Fig. 26), und diese zwei Schnitte mit einander vergleichen, so ersehen wir, dass der Unterschied zwischen ihnen blos darin besteht, dass in der erkrankenden Wurzel (Fig. 26) einige der Rindenparenchymzellen mit einer undurchsichtigen, farblosen, feinkörnigen, plasmatischen Substanz gefüllt und dass ausserdem diese nämlichen Zellen, im Vergleiche mit ihren Nachbarzellen, meistens ein wenig vergrössert sind. Unterwirft man einer sorgfältigen mikroskopischen Untersuchung eine Reihe weiterer Schnitte durch Kohlwurzeln, die noch mehr von der Herniekrankheit angegriffen sind (Taf. XXXII, Fig. 27), so kommt man sehr bald zu der Ueberzeugung, dass die allmähliche Ausbildung aller dieser Kohlhernieanschwellungen nicht blos durch den starken Zuwachs der einzelnen Elemente des Rindenparenchyms bedingt wird, sondern noch dadurch, dass in denselben eine sehr reichliche Vermehrung durch Theilung eintritt. In den bedeutendsten Anschwellungen der Kohlhernie erscheinen anormal entwickelt oder verändert nicht allein die Zellen des Rindenparenchyms, sondern auch die Elemente der Gefässstränge; wie es die Figur (Taf. XXXII, Fig. 28) zeigt,

nehmen die Gefässe nicht selten verschiedenartige, unregelmässige Krümmungen an und werden dabei von ihrer ursprünglichen, normalen Lage verschoben. Ueber das Auftreten solcher verunstalteten und gekrümmten Gefässbündel in den Kohlhernieauswüchsen finden wir schon Angaben bei J. Kühn [1]) und R. Caspary.[2]) Beiläufig sei hier bemerkt, dass diese unregelmässig gekrümmten Gefässe der Hernieauswüchse, gleich den Gefässen normaler, gesunder Wurzeln, blos Luft führen. Was aber den grössten Theil der Parenchymzellen dieser Kohlwurzelauswüchse anbelangt, so enthalten einige derselben, wie schon oben angegeben wurde, ein farbloses, feinkörniges, dickes Plasma, andere dagegen sind mit sehr kleinen, ebenfalls farblosen, kugeligen Körperchen dicht gefüllt. — Dieses feinkörnige Plasma ist das Plasmodium und die kleinen runden Körperchen die Sporen jenes Organismus, dem ich den Namen Plasmodiophora Brassicae gebe. Dieser Organismus, der, seiner Structur und Entwickelung nach, zu den Protisten (im Sinne von E. Häckel) gehört, und der als die allereinfachste Myxomycetenform zu betrachten ist, dringt in die junge, gesunde Kohlwurzel ein, entwickelt sich in ihr, lebt als echter Parasit und ruft dabei in den Geweben die Veränderungen und Verunstaltungen hervor, die hier eben beschrieben worden sind.

Das Plasmodium der Plasmodiophora ist jedem anderen beliebigen Plasmodium gleich gebaut; es besteht aus einer farblosen, durchsichtigen, etwas zähen, amorphen Schleimsubstanz, in welcher farblose, feine Körnchen und Oeltröpfchen eingebettet sind. Die Zahl und Grösse der im Plasmodium vorhandenen Vacuolen ist sehr verschieden; manchmal sind deren eine ganze Masse. Anfangs ist es eigentlich unmöglich, das Plasmodium vom Zellinhalte zu unterscheiden; es ist schwer, mit voller Bestimmtheit anzugeben, welcher Theil der Zelle vom Plasmodium eingenommen wird und in welchem blos noch das Protoplasma der Zelle selbst vorhanden ist; — das Plasmodium scheint selbst nicht selten der alleinige Inhalt der untersuchten Zelle zu sein.[3]) Anfänglich ist das Plasmodium ungemein

---

[1]) J. Kühn l. c. p. 253.

[2]) R. Caspary l. c., p. 109.

[3]) Dass das Plasmodium im Plasma eines anderen lebenden Organismus leben und sich auf dessen Kosten weiterentwickeln kann, ist keine neue Thatsache.

blass, so dass es kaum bemerkbar ist; je mehr es sich aber entwickelt und sich die Nährzelle dabei vergrössert, wird dasselbe allmählich undurchsichtiger und nimmt dann mehr und mehr das ganze Lumen der Zelle ein (Taf. XXXII, Fig. 29—34; Taf. XXXIII, Fig. 35, 36). — Wenn man das Plasmodiophoraplasmodium untersuchen will, darf man nicht zu feine Schnitte durch die Hernieanschwellungen machen; andernfalls dringt das Wasser, in welchem die Schnitte untersucht werden, in die Zellen, die das Plasmodium enthalten, hinein und zerstört dasselbe fast momentan; man sieht dann, wie das Plasmodium in Form von Plasmakugeln verschiedener Grösse aus den durch den Schnitt verletzten Zellen herausfliesst (Taf. XXXIII, Fig. 37). Diese in Wasser liegenden Plasmodiumkugeln gehen sehr bald zu Grunde; — dieselben bersten und zerfliessen; es entsteht hier also die nämliche Erscheinung, die auch bei anderen gleichen Fällen eintritt, wie z. B. beim Zerschneiden des Plasmodium von Aethalium septicum oder bei Verletzung von Vaucheria-Schläuchen (vergl. J Sachs: „Lehrbuch der Botanik", IV. Auflage, S. 42).

Das normale, unverletzte Plasmodium der Plasmodiophora besitzt, wie alle übrigen Plasmodien, die Eigenschaft, sich zu bewegen; die Bewegung zeichnet sich durch grosse Langsamkeit aus; man kann sie blos dann wahrnehmen, wenn man eine und dieselbe Zelle sehr lange Zeit beständig fixirt. Obgleich es sehr schwer ist, streng zu beweisen, muss man dennoch, den weiter mitzutheilenden Erscheinungen nach, mit voller Sicherheit annehmen, dass hier nicht allein eine Wandelung im Lumen einer und derselben Zelle, sondern sogar eine Uebersiedelung des Plasmodium aus einer Zelle in die andere stattfindet. Am wahrscheinlichsten ist es, dass diese Uebersiedelung zwischen zweien benachbarten Zellen nicht anders geschieht, als durch die siebplattähnlichen Tüpfelgruppen, die in den Wänden fast aller Parenchymzellen der Kohlwurzel vorhanden sind (vergl. Taf. XXXIII, Fig. 40, a, b und c).[1]) — Wenn in den Parenchym-

---

Besonders günstige Beispiele dafür liefern uns die Chytridiaceen (z. B. Olpidiopsis, Rozella, Woronina), die im Innern der Saprolegnieen parasitiren und von M. Cornu (l. c. p. 119, 132, 133, 149, 170, 172) beschrieben worden sind.

[1]) Nach den neuesten Untersuchungen von M. Cornu soll das Plasma die Eigenschaft besitzen aus einer Zelle in die andere überzuwandeln durch lebende

zellen der erkrankten Kohlwurzel sich ausser Plasma auch Stärkekörner finden, so werden diese letzteren von dem Plasmodium der Plasmodiophora sammt dem Zellplasma mit eingesogen; mit anderen Worten, es ist evident, dass das Plasmodium sich damit nährt (vergl. Taf. XXXIII, Fig. 39 und 41). — In den meisten Fällen nimmt das Plasmodium der Plasmodiophora ursprünglich nicht das ganze Lumen der Nährzelle, sondern nur einen gewissen Theil desselben ein; entweder liegt es nur an einem Ende der Zelle (Tafel XXXII, Fig. 32, Taf. XXXIII, Fig. 39), oder findet sich in Form eines peripherischen Gürtels oder eines Querbalkens blos im mittleren Theile (Taf. XXXIII, Fig. 35, 39), oder endlich, was aber im Ganzen ein viel seltenerer Fall ist, ballt sich das junge Plasmodium in der Mitte der Zelle in einen Klumpen zusammen, von dieser centralen Masse gehen dann nach allen Seiten zu der Peripherie der Zelle feine plasmatische Stränge (Taf. XXXIII, Fig. 36). — Ist das Plasmodium in seiner Entwickelung schon etwas mehr vorgerückt, so nimmt es gewöhnlich das ganze Lumen der Nährzelle oder jedenfalls den allergrössten Theil desselben ein, und erscheint um diese Zeit in seiner ganzen Masse viel regelmässiger verbreitet. Bald nachher erfolgt das Zerfallen des ganzen Plasmodium in Sporen.

Der Gang der Sporenbildung ist hier demjenigen einer Zoosporenbildung gleich (vergl. Taf. XXXIII, Fig. 41—44). Vor Allem treten in der ganzen Masse des Plasmodium gleichmässig vertheilte und gleich weit von einander entfernte kleine, runde Vacuolen auf, wodurch das ganze Plasmodium in ein feines plasmatisches Netz- oder Gitterwerk verwandelt wird (Taf. XXXIII, Fig. 41). Bald darauf findet eine allmähliche Veränderung des Bildes statt: die Vacuolen des eben erwähnten Netzes fangen an zu schwinden, und gleichzeitig damit sammelt sich die zwischen den Vacuolen liegende körnige Substanz des Plasmodium in kleine, regelmässige kugelige Anhäufungen an; — anstatt der Vacuolen tritt jetzt also im Plasmodium eine eben so grosse Anzahl von kleinen, immer schärfer auftretenden runden Körperchen (Taf. XXXIII, Fig. 42, 43). Diese Körperchen sind die künftigen Sporen der Plasmodiophora; die-

Membranen, die gar keine Poren oder Tüpfel besitzen. (Vgl. M. Cornu: „Sur le cheminement du plasma autravers des membranes vivantes non perforées." Comptes rendus 1877, Premier semestre No. 3, p. 133.)

selben füllen gewöhnlich das ganze Lumen der Nährzelle vollständig aus und werden mittelst der farblosen, wasserhellen, übrig gebliebenen Plasmodiumschleimsubstanz, wie mit einem Kitte, an einander geklebt; die meistens traubenförmig aussehenden Anhäufungen der Sporen erhalten auf diese Weise in ihren Gesammtumrissen die Grösse, wie auch die Form der sie ernährenden Parenchymzellen.

Es muss hier besonders hervorgehoben werden, dass um die Sporen herum keine andere Hülle vorhanden ist, als blos die Cellulosemembran der sie enthaltenden Parenchymzelle.[1]) — Bei sämmtlichen Myxomyceten (mit der einzigen Ausnahme vielleicht von Ceratium), selbst bei einer so einfachen Form, wie z. B. Dictyostelium, findet sich um die Sporen herum eine gemeinsame Hülle — eine Peridiummembran, deren Structur in einigen Formen selbst ziemlich complicirt erscheint. Die Plasmodiophora hat nichts Derartiges; die Membran der der Kohlpflanze zugehörenden Parenchymzelle, in welcher die kleinen und farblosen kugeligen Sporen eingeschlossen sind, ersetzt hier gewissermassen die Sporangiumwand. — Von einem Capillitium, das wir bei so vielen Myxomyceten treffen, ist bei der Plasmodiophora auch keine Spur zu finden.

In allen Parenchymzellen, die das Plasmodium der Plasmodiophora enthalten, tritt allmählich die Sporenbildung ein; fast gleichzeitig damit fangen auch die sämmtlichen Wurzelhernieanschwellungen an zu faulen, was besonders rasch in dem Falle erfolgt, wenn die erkrankte Kohlpflanze in einem sehr feuchten Boden sitzt.[2]) Werden stark verfaulte Kohlhernieauswüchse unter dem Mikroskop untersucht, so ersieht man, dass diese weiche, faulende Masse fast nur aus jetzt ganz lose gewordenen, freiliegenden Parenchymzellen besteht, von denen dabei die meisten mit Anhäufungen reifer Sporen dicht gefüllt sind (Taf. XXXIII, Fig. 46; Taf. XXXIV, Fig. 47);

---

[1]) In meiner vorläufigen Mittheilung über die Plasmodiophora (Botan. Zeitung 1875, S. 337) wurde angegeben, dass in jeder Parenchymzelle zwischen den Sporen und der Zellmembran sich noch eine farblose, durchsichtige, sehr zarte Hüllmembran befindet. Diese Angabe muss ich hier zurücknehmen; es war ein Irrthum, in welchen ich damals leicht gerathen konnte, da meine Untersuchungen zu der Zeit erst im Anfange waren.

[2]) Oben ist schon bemerkt worden, dass die Hernie-Auswüchse in einem trockenen Boden nicht faulen, sondern sich in demselben eine mehr oder minder lange Zeit erhalten lassen, ohne dabei bemerkbare Veränderungen zu erleiden.

die Anschwellungen erleiden durch das Faulen eine Art von Maceration und zerfallen in ihre einzelnen Elemente. Bei noch weiter vorgerückter Fäulniss werden auch die Membranen der sporenführenden Parenchymzellen resorbirt, und dann besteht die in eine schmierige Brühe übergegangene Herniemasse fast ausschliesslich aus Plasmodiophorasporen, die zum Theil schon völlig lose und frei, zum Theil aber noch zusammengehäuft da liegen (Taf. XXXIV, Fig. 48, 49).

Die Zahl der Sporen ist überaus gross. Sie sind ungemein klein; ihr grösster Durchmesser beträgt nicht mehr als 0,0016 Mm. Sie sind völlig kugelig und nur höchst selten kommen unter ihnen einige biscuitförmige vor (Taf. XXXIV, Fig. 49 und 50); es sind doppelte Sporen, die wahrscheinlich durch Verwachsung zweier einfacher zur Zeit ihrer Bildung aus dem Plasmodium entstanden sind. Die Structur der Sporen kann nur bei einer 700—900fachen Vergrösserung gut beobachtet werden. Dieselben sind mit einer farblosen, zarten und völlig glatten Membran versehen und besitzen einen farblosen, feinkörnigen, plasmatischen Inhalt (Taf. XXXIV, Fig. 50, 51).

Im feuchten Boden lange verbleibend, faulen die Kohlhernieanschwellungen bald vollständig; die Sporen gelangen auf diese Weise in die Erde, und nun werden die jungen Wurzeln der noch völlig gesunden Kohlpflanzen durch dieselben angesteckt. — Die weitere Entwickelung der in der Erde frei liegenden Sporen besteht darin, dass aus jeder derselben eine Myxamöbe ausschwärmt (vergl. Taf. XXXIV, Fig. 52). — Die aus der Spore eben ausgekrochene und in Wasser sich frei bewegende Myxamöbe besitzt einen etwas verlängerten, spindelförmigen Körper, der an seinem schnabelförmig fein zugespitzten vorderen Ende mit einer ziemlich langen, peitschenförmigen Cilie versehen ist; — in dem nackten plasmatischen Körper der Myxamöbe finden sich immer eine langsam pulsirende Vacuole und einige kleine Körnchen, von denen eins gewöhnlich etwas grösserer Dimension ist.

Was die Bewegungen dieser Myxamöbe anbelangt, so sind dieselben sehr charakteristisch. Erstens richtet sie ihre Cilie immer nach vorne; zweitens sind die Bewegungen nicht allein der Cilie, sondern auch des sie tragenden, nach allen Seiten hin sehr biegsamen Schnabels ungemein lebhaft, und drittens endlich zeigt die Plasmodiophoramyxamöbe, ausser ihrer freien, eben beschriebenen

Bewegung, noch eine andere, ganz eigenthümliche und die eher einem Kriechen oder Schreiten ähnlich ist. Aus dem unteren oder hinteren Ende des plasmatischen Körpers wird nämlich eine feine, fadenförmige Ausstülpung herausgestreckt, mittelst welcher die Myxamöbe sich einem beliebigen, unter Wasser liegenden Gegenstande fest ansetzt.

Die Myxamöbe zieht nun diesen Fortsatz wieder in sich ein, stülpt eiligst einen andern aus und fixirt sich mit diesem letzteren an demselben oder an einem andern danebenliegenden Gegenstand, und so weiter fort, — die Myxamöbe macht, ohne Uebertreibung, wirkliche Schritte (Taf. XXXIV, Fig. 52). — Die Plasmodiophora-myxamöben zeigen ausserdem noch, wie es ja auch alle übrigen Myxamöben gewöhnlich thun, die einfache Amöbenbewegung (Tafel XXXIV, Fig. 53); diese tritt aber meistens nur später ein, d. h. wenn die Myxamöben schon ein paar Tage alt sind.

Die Myxamöben der Plasmodiophora dringen aus der Erde in die jungen, gesunden Kohlwurzeln ein. — Obgleich es mir leider schlechterdings nicht gelungen ist, dieses Eindringen unter dem Mikroskop unmittelbar zu beobachten, nehme ich dennoch als eine völlig feststehende Thatsache an, dass die Myxamöben in die Kohlwurzeln durch deren Haare und Epiblemzellen eindringen. Zu diesem, meiner Meinung nach, völlig sichern Resultate bin ich durch folgende Culturversuche geleitet worden. Ich nahm Blumentöpfe, füllte dieselben mit fetter, guter Beeterde, zu der ich eine gehörige Quantität stark verfaulter Hernieanschwellungen zusetzte, und säete in diese Töpfe gesunde, frische Samen verschiedenster Kohlsorten aus. Die aus diesen Samen gezogenen Keimlinge liess ich in denselben Töpfen weiter wachsen und begoss sie täglich mit Wasser, in welchem stark verfaulte Hernieauswüchse fein zerstückelt waren, — mit einem Wasser also, welches reife Plasmodiophorasporen massenhaft in sich enthielt. Fast an allen Wurzeln der auf diese Weise cultivirten Kohlpflänzchen traten Hernieauswüchse auf, die, obgleich im Ganzen sehr klein, dennoch völlig normal und gut entwickelt aussahen (Taf. XXIX, Fig. 4, 5; Taf. XXX, Fig. 10, 11). — Dagegen an den Wurzeln von Kohlpflänzchen, die ebenfalls aus Samen gezogen waren, aber in einer Erde wuchsen, zu der gar keine faulende Hernieauswüchse zugesetzt und die nur mit destillirtem, keine

Plasmodiophorasporen enthaltendem Wasser begossen wurde, trat auch nie eine Spur von Hernieanschwellungen hervor; — die Wurzeln verblieben im Laufe des ganzen Experimentes völlig gesund. Zu demselben Zwecke wurde von mir gleichzeitig noch eine andere Reihe Culturversuche folgendermassen angestellt: junge Kohlpflänzchen wurden in flachen Gefässen, wie z. B. in grossen Uhrgläsern oder in Porzellanschalen, oder auch auf Glasplatten gezogen, und dabei nicht in Erde, sondern einfach in Wasser, zu welchem vorher reife Plasmodiophorasporen in gehöriger Quantität zugesetzt waren. Bei diesen Wasserculturen hat es mir leider nicht gelingen wollen, die Kohlpflänzchen so weit zu bringen, dass auf ihren Wurzeln sich wirkliche Hernieauswüchse ausbildeten; dagegen erwies sich die mikroskopische Untersuchung der Wurzelhaare und Epiblemzellen dieser Pflänzchen sehr lehrreich. Erstens fand ich viele dieser Wurzelhaare in sehr mannichfaltiger Weise unregelmässig aufgedunsen, manche sogar ganz verunstaltet, und zweitens fand ich in vielen derselben (vergl. Taf. XXXIV, Fig. 55), so wie auch in den Epiblemzellen ein ungemein zartes, fast völlig durchsichtiges Plasmodium, welches hierbei absolut einem Plasmodiophoraplasmodium ähnlich aussah (Fig. 54 und 55). — Die hier eben angeführten Versuche und Untersuchungen sind, wie mir scheint, ganz genügend, um mit vollem Rechte anzunehmen, dass die Myxamöben der Plasmodiophora aus der Erde in die jungen Kohlwurzeln durch ihre Wurzelhaare und Epiblemzellen eindringen. — Sich auf andere dergleichen Versuche stützend, kann man ausserdem annehmen, dass die Myxamöben in die Wurzeln der Kohlpflanzen eindringen und dieselben inficiren können nicht allein in ihrem Jugendalter, sondern auch in einem viel späteren Stadium, d. h. die Myxamöben können in die Wurzeln auch noch zu der Zeit eindringen, wenn diese letzteren ihr primäres Rindenparenchym schon abgeworfen haben, sich also in ihrem zweiten Entwickelungsstadium befinden. — Einmal in die Wurzelparenchymzellen eingedrungen, vermengen sich die Myxamöben der Plasmodiophora mit dem Zellinhalte, verzehren ihn, wandeln aus einer Zelle in die andere über und bringen dabei im ganzen Gewebe eine starke Reizung hervor; — das Zellgewebe erleidet eine gewaltige Hypertrophie, und in den Zellen dieses erkrankten, stark ausgewachsenen Gewebes entwickeln sich aus den kleinen, anfangs

unansehnlichen Myxamöben von Neuem Plasmodien, die ihrerseits in die kleinen kugeligen Sporen zerfallen.

Aus allem dem, was hier eben gesagt worden ist, folgt, dass die Plasmodiophora, ihrem Baue und ihrer Entwickelung nach, ein höchst einfacher Organismus ist. Er besteht blos aus einem kleinen Plasmaklümpchen — einem Plasmodium, welches zeitlebens von keiner eigentlichen Hüllmembran umgeben wird und zuletzt in eine Unmasse kleiner Sporen zerfällt, von denen sich jede in eine Myxamöbe umwandelt; jede dieser Myxamöben dringt dann in's Gewebe der Kohlwurzel und bildet sich hier ihrerseits in ein neues Individuum — ein neues Plasmodium um. Ob das Plasmodium der Plasmodiophora im Innern der sie ernährenden Zelle nur aus einer einzigen Myxamöbe entsteht oder durch ein Zusammenfliessen mehrerer solcher Myxamöben — dieses ist eine Frage, die mir leider unerklärt geblieben ist; ich nehme aber jedenfalls die zweite der hier ausgesprochenen Vermuthungen als eine viel wahrscheinlichere an.

Die Plasmodiophora Brassicae ist, der Einfachheit ihres ganzen Baues nach, ein echter Protist (im Sinne von E. Häckel) und kommt dabei den Myxomyceten am nächsten zu stehen. Dass die Myxomyceten sich den Chytridiaceen sehr nahe anschliessen, ist schon von M. Cornu (l. c. p. 120) angegeben worden; — durch die Plasmodiophora tritt diese Affinität noch viel evidenter hervor. Den Myxomyceten gleich, besitzt die Plasmodiophora ein Plasmodium, das zu einer gewissen Zeit in eine Unmasse kleiner runder Sporen zerfällt, die sich später in Myxamöben verwandeln; aber durch den absoluten Mangel einer eigentlichen Sporangiummembran und durch ihren Parasitismus im Innern eines anderen lebenden Organismus unterscheidet sich die Plasmodiophora scharf von allen andern Myxomycetenformen. — In allem Uebrigen, besonders aber durch ihre Lebensweise, schliesst sich die Plasmodiophora Brassicae am meisten den Chytridiaceen an.

IV.

Nachdem ich im vorhergehenden Capitel genügend bewiesen habe, dass die Kohlhernie durch die Plasmodiophora verursacht

wird, bleibt mir jetzt noch folgende Frage zu berühren: Ob es nicht möglich wäre, diese Krankheit zu vernichten? Wenn dieses aber nicht erreichbar ist, ob keine Mittel da sind, um die Entwickelung der Plasmodiophora bedeutend zu vermindern und dadurch den Schaden, den sie den Kohlpflanzen verursacht, zu lindern? —

Die absolute Vernichtung der Kohlpflanzenhernie ist, meiner Meinung nach, unmöglich. Kein Stoff ist denkbar, der das Plasmodium und die Sporen der Plasmodiophora tödten und zugleich das Plasma und das Gewebe selbst der Kohlwurzeln, in welchen die Plasmodiophora parasitirt, schonen könnte; dieser Stoff, welcher er auch sei und wie er auch angewendet sein mag, würde, indem er die Plasmodiophora tödtet, auch die Kohlpflanze selbst vernichten.

Um aber die Entwickelung der Plasmodiophora bedeutend zu vermindern und dadurch auch den Schaden, den die Hernie den Kohlpflanzen verursacht, zu schwächen, sind folgende Mittel anzuwenden:

1) Das Hauptmittel und vielleicht auch das einzige wesentliche gegen die Kohlhernie ist — das Feuer. Gewöhnlich werden im Herbste die Kohlstrünke auf dem Felde gelassen; bis zum nächsten Frühjahr faulen die meisten von ihnen vollständig, und später, wenn die neuen Beete vorbereitet werden, mischen sich die Reste dieser gefaulten Kohl-Strünke und Wurzeln mit der Erde, in welche man dann die Keimpflänzchen einsetzt. Das soll aber unter keiner Bedingung geschehen. Im Gegentheil, es sollen im Herbste, sogleich nach dem Abschneiden der Kohlköpfe, alle auf dem Gemüsegarten gebliebenen Kohlstrünke nebst Wurzeln sorgfältig gesammelt und auf der Stelle verbrannt werden. Auf diese Weise wird in jedem Gemüsegarten eine bedeutende Quantität Hernieauswüchse, also auch eine Masse Plasmodiophora-Sporen vernichtet; die nach dem Verbrennen der Kohlstrünke gebliebene Asche kann mit Nutzen als Düngung, auch für denselben Kohl, gebraucht werden.

2) Ausserdem muss im Frühjahr, beim Pflanzen des Kohls aus den Mistbeeten in's Feld, die strengste und sorgfältigste Auswahl derselbe beobachtet werden. Alle Exemplare der Kohlpflänzchen, die nur die geringste Spur der Hernie zeigen, sollen sogleich aus dem Gemüsegarten entfernt und wiederum auf keine andere Weise, als durch Feuer vernichtet werden.

3) Unabhängig von dem Obengesagten, soll die Verbreitung der Kohlpflanzenhernie auch bedeutend abnehmen, sobald sich alle Gemüsegärtner beim Anbau des Kohls streng an die rationelle Wechselwirthschaft halten werden. Dass dieses eine wichtige Bedeutung in der Gärtnerei hat, ist eine längst anerkannte und durch vielfache Erfahrung bewiesene Thatsache. Vergl. z. B. darüber R. Schröder: „Russischer Gemüsegarten, Pflanzschule und Obstgarten". Petersburg, 1877. S. 3—4 (in russ. Sprache).

R. Schröder[1]) giebt den russischen Gemüsegärtnern den Rath, die Wechselwirthschaft beim Anbau des Kohls so einzurichten, dass die Kohlpflanzen nicht eher als nach zwei Jahren auf ihre alten Stellen zurückkehren.

Die soeben von mir gegen die Kohlpflanzenhernie angeführten Mittel: 1) Das Verbrennen der alten, unbrauchbaren Kohlstrünke nebst ihren Wurzeln, 2) Eine sorgfältige Auswahl der Kohlkeimlinge, bevor sie in's Feld gepflanzt werden, und 3) Die Einführung einer strengen, rationellen Wechselwirthschaft, haben eigentlich nichts Neues an sich; schon früher haben die Engländer und auch die russischen Gemüsegärtner auf diese Mittel hingewiesen, aber leider wurde zu wenig Acht auf dieselben gegeben. Ich, bin fest überzeugt, dass, wenn diese Maassregeln sogleich angenommen und überall eingeführt werden, man nicht mehr über die bedeutende Entwickelung und Verbreitung der Kohlhernie klagen wird.

Es wurden auch noch einige andere Mittel gegen die Kohlpflanzenhernie angeboten, die aber, meiner Meinung nach, keine wichtige Bedeutung haben, und ich zweifle selbst, ob die Anwendung derselben von wesentlichem Nutzen für die Kohlpflanzen sein könnten. In England z. B. wird zu der Erde, in welche man den Kohl pflanzt, allgemein Russ zugemischt; auch werden die Kohlpflänzchen, bevor man sie in's Feld setzt, in Wasser mit Beimengung von Russ, eingetaucht. Die Engländer, sowie die Deutschen, entfernen die Kohlhernieauswüchse einfach durch Abschneiden derselben von den Wurzeln mit einem scharfen Messer, und finden diese Operation ausser-

[1]) R. Schröder ist der Meinung, dass die Kohlpflanzenhernie durch die Kohlfliege (Anthomyia) verursacht werde.

ordentlich nützlich, besonders wenn sie im jüngsten Alter der Pflanze vorgenommen wird.

Was endlich die Beimengung von Guano, Salpeter, Salz, Knochen- oder Holzasche, oder irgend welches Phosphorsalzes zur Erde anbetrifft, so können alle diese Zusätze nur die Rolle jeder anderen guten Düngung spielen, aber jedenfalls nicht die Hernie von den Kohlplantationen entfernen.

V.

Auf den Wurzeln vieler anderer Pflanzen finden sich auch oft Auswüchse, die einigermassen der Kohlpflanzenhernie ähnlich sind; die eigentliche Ursache der Entwickelung der meisten dieser Auswüchse ist uns bis jetzt so viel wie unbekannt geblieben; die Angaben, die wir nur über einige derselben haben, sind bei weitem nicht genügend. So sind z. B. meine Arbeit [1]) über Alnus glutinosa und Lupinus mutabilis, und die von J. Eriksson [2]) über Leguminosenpflanzen als unvollendete zu betrachten.

An den Auswüchsen, die auf den Wurzeln der Schwarzerle (Alnus glutinosa) vorkommen, fand ich einen parasitischen Pilz, den ich Schinzia Alni benannt habe; in den Wurzelauswüchsen von Lupinus mutabilis und in denjenigen von Faba vulgaris fanden ich und J. Eriksson ein besonderes Parenchymgewebe, dessen Zellen mit kleinen Körperchen gefüllt sind, und die ich vielleicht fehlerhaft für bacterien- oder vibrioähnliche Gebilde angenommen habe. — Weiter fortgesetzte Untersuchungen sollen uns nähere Auskünfte, wie über den Bau selbst, so auch über die eigentliche Ursache der Erscheinung aller solcher Wurzelauswüchse geben; — dergleichen Untersuchungen werden uns höchst wahrscheinlich zur Entdeckung noch einiger neuer Parasiten führen, die sich der Plasmodiophora Brassicae ähnlich oder selbst vielleicht ganz identisch erzeigen werden.

---

[1]) M. Woronin: „Ueber die bei der Schwarzerle (Alnus glutinosa) und der gewöhnlichen Garten-Lupine (Lupinus mutabilis) auftretenden Wurzelanschwellungen." Mém. de l'Acad. imp. des sciences de St. Petersbourg, VII. série, tome X (1866), No. 6.

[2]) Jakob Eriksson: „Studier öfver Leguminosernas Rotknölar." Lund 1874.

Zum Schlusse entscheide ich mich, noch eine Meinung hier auszusprechen, die vielleicht einige nützliche Andeutungen den thierischen Pathologen geben kann.

Ich vermuthe nämlich, dass die Erscheinnng und Entwickelung vieler pathologischer Auswüchse und Anschwellungen, die auf dem thierischen Organismus vorkommen, auf folgende Weise erklärt werden können: In den lebendigen Organismus dringen, auf irgend welchem Wege, kleine Myxamöben ein, die sich allmählich in Plasmodien entwickeln und im Gewebe dieses oder jenes Organs eine bedeutende Reizung hervorrufen; dieses verursacht im Organ eine pathologische Veränderung des ganzen Gewebes, von welcher denn auch die Form und Grösse der krankhaften Auswüchse oder Anschwellungen abhängig sind. Nächstfolgende Untersuchungen werden zeigen, ob meine Vermuthung sich bestätigen lässt.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XXIX.

Fig. 1. Wurzeln einer jungen Blumenkohlpflanze, die mit Hernieauswüchsen bedeckt sind. Diese Pflanze wurde am $\frac{\text{10. Mai}}{\text{28. April}}$ 1876 aus dem Mistbeete herausgenommen.

Fig. 2 und 3. Herniewurzelauswüchse auf gewöhnlichem (weissen) Kohle.

Fig. 4 und 5. Anfänge von Hernieanschwellungen auf Wurzeln junger Kohlpflänzchen.

(Alle Abbildungen dieser Tafel sind in natürlicher Grösse.)

Taf. XXX.

Fig. 6. Wurzelhernieanschwellungen auf gewöhnlichem (rothem) Kohl — a. Laubspross. Natürl. Gr.

Fig. 7 und 8. Hernie an der gewöhnlichen Rübe. Natürl. Gr.

Fig. 9. Herniewurzelauswüchse bei Iberis umbellata. Natürl. Gr. — Diese Abbildung habe ich von Herrn O. Wolkenstein erhalten.

Fig. 10. Anfänge von Hernieanschwellungen auf den Wurzeln des gewöhnlichen (weissen) Kohls. Natürl. Gr.

Fig. 11. Anfänge der Hernieanschwellungen auf jungen Wurzeln von Kohlkeimpflänzchen, welche in Töpfen gezogen und mit Plasmodiophorasporen künstlich inficirt worden sind. a in natürl. Gr.; b unter einer schwach vergrössernden Lupe beobachtet.

Taf. XXXI.

(Fig. 12, 19 und 20 bei 90facher, Fig. 13 und 14 bei 160facher, Fig. 15—18 und Fig. 21—23 bei 520facher Vergrösserung.)

Fig. 12—18. Chytridium Brassicae n. sp.

Fig. 12, 13 und 14. Zoosporangien von Chytridium Brassicae in verschiedenen Stufen ihrer Entwickelung.

Fig. 15. Zoosporen von Chyt. Brassicae.

Fig. 16, 17 und 18. Dauerzellen oder Ruhesporen von Chyt. Brassicae.

Fig. 19. Querschnitt durch eine sehr junge, völlig gesunde Wurzel eines Kohlkeimpflänzchens.

Fig. 20. Centrale Partie eines Querschnitts durch eine etwas ältere Wurzel. — Auf diesem Schnitte sind besonders die characteristischen Verdickungen gut zu sehen, die an den Zellen der innersten Periblemschicht (as) auftreten. — per. Pericambium (= couche rhizogène von van Tieghem, s. die Endodermis (= couche protectrice von van-Tieghem, Schutzscheide von R. Caspary); r. junge aus dem Pericambium auswachsende Seitenwurzel.

Fig. 21. Kleiner Theil des vorhergehenden Schnittes, nur bei einer viel stärkeren Vergrösserung beobachtet. as., s. und per. haben dieselbe Bedeutung wie in der Fig. 20.

Fig. 22a und 22b. Zellen der innersten Periblemschicht auf dem tangentialen Längsschnitte, von der inneren Seite beobachtet, mit welcher sie sich unmittelbar an die Endodermis anlegen.

Taf. XXXII.

(Fig. 27 bei einer ungefähr 75fachen, Fig. 24, 25, 26 und 28 bei 90facher Fig. 29—34 bei 520facher Vergrösserung.)

Fig. 24. Querschnitt durch eine junge, gesunde Kohlwurzel in dem Alter, wo das Rindenparenchymgewebe — das Periblem — schon im Absterben ist und abgeworfen wird, und die weitere Entwickelung der ganzen Wurzel blos noch im Pleromtheile vorgeht.

Fig. 25. Querschnitt durch eine völlig gesunde, von der Krankheit gar nicht berührte Kohlwurzel.

Fig. 26. Querschnitt durch eine etwas ältere Kohlwurzel, an welcher sich schon Spuren der Herniekrankheit zeigen.

Fig. 27. Querschnitt durch eine Kohlwurzel, die schon stark erkrankt ist.

Fig. 28. Theil eines Schnittes durch eine Kohlwurzel, die von der Hernie noch viel mehr angegriffen ist. Die hier vorhandenen Gefässe sind von ihrer früheren Lage verschoben und besitzen verschiedenartige, anormale Spiralwindungen und unregelmässige Krümmungen.

Fig. 29—34. Parenchymzellen, die aus verschiedenen Kohlhernieauswüchsen stammen und Plasmodiophoraplasmodien in sich enthalten. In Fig. 34 enthält das Plasmodium einige Stärkekörner.

Taf. XXXIII.

(Fig. 35—39, 40a, 41—43 bei 520facher, Fig. 40b bei 712facher, Fig. 45 bei 90facher und Fig. 46 bei 160facher Vergrösserung.

Fig. 35 und 36. Parenchymzellen einer erkrankten Kohlwurzel, welche Plasmodiophoraplasmodien in sich enthalten. — Im Plasmodium der Fig. 35 finden sich einige Stärkekörner.

Fig. 37. In Wasser sich auflösende Plasmakugeln, welche dann zu Stande kommen, wenn Zellen, die das Plasmodiophoraplasmodium enthalten, mit einem scharfen Messer zerschnitten oder anderswie verletzt werden. — In diesen Plasmakugeln liegen auch einige Stärkekörner.

Fig. 38 und 39. Parenchymzellen aus einer Kohlhernieanschwellung, in welchen noch mehr entwickelte Plasmodien enthalten sind — am. in Fig. 39 sind Stärkekörner; einige derselben sind vom Plasmodium völlig eingeschlossen.

Fig. 40. Parenchymzellen aus erkrankten Kohlwurzeln, in deren Membranen siebplattähnliche Tüpfelgruppen zu sehen sind.

Fig 41, 42 und 43. Plasmodiophoraplasmodien, die in der Sporenbildung begriffen sind. — am (in Fig. 41) sind Stärkekörner.

Fig. 44. Halbschematische Abbildung, die uns den allmäligen Gang der Sporenbildung bei Plasmodiophora darstellt.

Fig. 45. Durchschnitt durch die Lamina eines Blattes, welches von einem Laubsprosse eines knolligen Hernieauswuchses herstammt (vgl. Fig. 6 auf Taf. XXX). Wie es hier zu ersehen ist, sind diese Laubsprossen von der Krankheit ebenfalls angegriffen; die Plasmodiophora steckt schon in denselben und erscheint auf allen ihren Entwickelungsstufen.

Fig. 46. Lose liegende, wie macerirt aussehende Parenchymzellen, von denen die meisten völlig reife Plasmodiophorasporen in sich enthalten. Aus solchen Zellen besteht fast ausschliesslich die ganze schmierige Masse, in welche die Kohlhernieauswüchse beim Faulen übergehen.

Taf. XXXIV.

(Fig. 47, 48 und 49 bei 320facher, Fig. 50 und 51 bei 712facher, Fig. 52 und 53 bei 620facher, Fig. 54 bei 90facher, Fig. 55a, b und c bei 160facher, Fig. 55d bei 520facher Vergrösserung.)

Fig. 47. Eine der lose liegenden Parenchymzellen, wie in Fig. 46, in denen reife Plasmodiophorasporen enthalten sind.

Fig. 48. Angehäufte reife Plasmodiophorasporen. Die Membran der Nährzelle ist schon völlig resorbirt und die zu einem traubenförmigen Körper vereinigten Sporen sind im Begriffe sich von einander loszutrennen.

Fig. 49. Freiliegende Plasmodiophorasporen. Zwei von ihnen sind doppelt, — biscuitförmig.

Fig. 50. Doppelte Sporen der Plasmodiophora, stärker vergrössert.

Fig. 51. Reife Plasmodiophorasporen.

Fig. 52. Sporen der Plasmodiophora im Momente der Myxamöbenbildung und Myxamöben, die im Wasser frei schwärmen.

Fig. 53. Myxamöben der Plasmodiophora ungefähr 6 Tage nach ihrem Austreten aus den Sporen. In den Myxamöben ist eine pulsirende Vacuole wahrzunehmen.

Fig. 54. Querschnitt durch eine junge Wurzel eines Kohlkeimpflänzchens, welches durch Plasmodiophorasporen künstlich inficirt worden ist.

Fig. 55. Wurzelhaare eines Kohlpflänzchens, das aus Samen in einem Uhrglase in Plasmodiophorasporen enthaltendem Wasser gezogen worden ist. In diesen Wurzelhaaren finden sich zarte, fast ganz durchsichtige Plasmodien. 55d ist nur ein Theil von Fig. 55c, blos bei einer viel stärkeren Vergrösserung.

Die Entwickelung des Keimes der Schachtelhalme.

Von

R. Sadebeck.

(Mit Tafel XXXV—XXXVII.)

Schon seit dem Jahre 1874 bin ich damit beschäftigt, die Entwickelungsgeschichte der Schachtelhalme, und besonders die der Anfangszustände zu studiren, und habe daher auch seit dieser Zeit die dazu erforderlichen Culturen angestellt. In den ersten Jahren habe ich mich im Wesentlichen auf die Aussaaten der Sporen von Equisetum arvense beschränkt und erst im Jahre 1876 die Gelegenheit gefunden, auch Equisetum palustre und limosum in gleicher Weise in Cultur zu bringen. Was nun die aus Sporen erzogenen Culturen des Equisetum arvense anlangt, so führen dieselben nur unter ganz bestimmten, besonders günstigen Modalitäten zu einem erfolgreichen Resultat; im anderen Falle gehen sie bis auf wenige Reste zu Grunde, wie die von mir in den beiden Jahren 1874 und 1875 angestellten Culturen leider gezeigt haben. Die erste und schlimmste Ursache dieses Verderbens müssen wir in dem Auftreten eines Pilzes aus der Familie der Saprolegnieen erkennen, welchen ich Pythium Equiseti benannt habe. Die dadurch erregte Krankheit, welche ich schon früher[1]) ausführlich beschrieben habe, äussert sich zunächst darin, dass etwa 2—3 Wochen nach der Aussaat die bis dahin schön grünen Prothallien eine hellbraune Färbung zeigen, und damit zugleich die Neigung, die bisher verfolgte aufrechte Wachsthumsrichtung aufzu-

---

[1]) Untersuchungen über Pythium Equiseti in: Beiträge zur Biologie der Pflanzen, herausgegeben von F. Cohn. I. Band, 3. Heft. Breslau 1875. — Auch in den Sitzungsberichten des bot. Vereins für die Provinz Brandenburg, Sitzung vom 28. August 1874, Jahrgang XVI.

geben und sich der Oberfläche des Substrates anzulegen. Die Prothallien nehmen dabei eine immer dunklere, braune Farbe an, und schrumpfen völlig zusammen, so dass sie endlich dem unbewaffneten Auge kaum erkennbare Ueberreste nur noch zurücklassen. Es ist dies jedoch, wenn auch der gefährlichste, so doch nicht der einzige Feind, der die Aussaaten des Equisetum arvense bedroht; Algen, besonders Nostoc commune, Anabaina licheniformis, Cylindrospermum humicola, u. s. w., sowie Moosprotonemata treten, besonders wenn die Culturen etwas feucht gehalten werden, in grosser Menge auf und ersticken endlich durch das übermächtige Umsichgreifen die jungen Vorkeime. Diese Gefahr ist jedoch eine viel spätere als die des Pythium Equiseti, und tritt auch in den allerungünstigsten Fällen doch erst 5 – 6 Wochen nach der Aussaat auf. Ausserdem lässt sich dieser Gefahr sehr leicht dadurch vorbeugen, dass man die Culturen vor zu grosser Feuchtigkeit schützt. Dieses letzte Moment scheint überhaupt eine sehr wesentliche Bedingung für das Gelingen der Culturen der Schachtelhalme zu enthalten; vor Allem aber ist darauf zu achten, dass die Befeuchtung der Aussaaten von unten her nicht zu lange fortgesetzt wird, ganz gleich, ob die Aussaaten auf gewöhnlicher, etwa mit Sand vermischter Erde in Töpfen, oder auf Torf geschehen ist. Die Methode der Aussaat, welche sich nach mehreren Misserfolgen als am sichersten zu Ziele führend erwiesen hat, ist folgende: Als Substrat für die Aussaat ist behufs der Regulirung der Feuchtigkeit Torf am geeignetsten; dieser wird mit einer dünnen Schicht guter Walderde, welche mit etwas wenigem Sand vermengt werden muss, überdeckt und letzteres als direkte Aussaatoberfläche benutzt. Es ist wohl kaum hinzuzufügen, dass in gleicher Weise wie bei den Farnculturen der Torf vor der Benutzung in kochendes Wasser gebracht wird, resp. selbst anhaltend gekocht wird, um die sonst sehr zahlreich ihm innewohnenden organischen Keime zu tödten. Bei der Aussaat selbst muss es ebenso wie bei den Aussaaten der Farnsporen vermieden werden, dass dieselbe zu dicht wird; im Gegensatz zu den Farn-Aussaaten aber ist es für das erste Wachsthum der jungen Prothallien der Schafthalme sehr vortheilhaft, die Culturen während der ersten Wochen an einem der Sonne exponirten, möglichst warmen Orte unterzubringen. Bezüglich der Befeuchtung genügt es in der ersten Zeit ebenso, wie bei den Farn-Aussaaten, auch bei denen der

Schachtelhalme vollständig, dieselbe von unten her zu bewirken; später jedoch ist es im Gegensatz zu den Farnculturen für die Befruchtung der Archegonien von der grössten Wichtigkeit, dass die Culturen vermöge einer feinen Brause von oben her befeuchtet werden, eine Massregel, deren Wichtigkeit und Nothwendigkeit sich aus der im Weiteren auseinandergesetzten verschiedenen Richtung des Archegonienhalses der Schachtelhalme und der Farnkräuter hinreichend erklärt. Ich füge noch hinzu, dass ich nur bei Anwendung dieser Massregel die Culturen bis zur Ausbildung einer grösseren Anzahl junger Pflanzen zu bringen vermocht habe. Es gelingt dies besonders gut bei Equisetum arvense. Bei Equisetum palustre und limosum bemerkte ich dagegen sogar bei den bis zur Bildung junger Pflanzen vorgeschrittenen Culturen Mitte September 1876 das Auftreten eines Pythium, welches von dem oben erwähnten Pythium Equiseti spezifisch verschieden ist und auch in der Art und Weise der Zerstörung sich insofern anders äussert, als die Prothallien durch die Einwirkung desselben am Anfang nicht gelbbraun werden, sondern dunkelgrün bis grünschwarz, im Uebrigen jedoch schliesslich ebenfalls welk werden und völlig zusammenschrumpfen. Ich bezeichnete diesen zweiten Feind mit Pythium autumnale.[1]) Trotzdem gelang es mir, eine hinreichende Menge von Embryonen und jungen Pflanzen dieser beiden letztgenannten Schachtelhalme zu erhalten, und so in den Stand gesetzt zu werden, die Entwickelung des Embryo an drei Arten zu verfolgen.

Um sich eine richtige Vorstellung von der Entwickelung der Eizelle zum Embryo machen zu können, ist es behufs der Orientirung nöthig, die Lage und Wachsthumsrichtung der Archegonien in Betracht zu ziehen. Ich thue dies gleich hier an dieser Stelle, um die eigentliche Entwickelungsgeschichte des Keimes alsdann nicht unterbrechen zu müssen, sondern mich auf das an dieser Stelle Gesagte beziehen zu können.

In Folge der in den normalen Fällen streng durchgeführten Dioecie lassen die Vorkeime schon in verhältnissmässig frühen Zuständen ihre sexuelle Bestimmung mit einiger Sicherheit erkennen.

---

[1]) Ueber Infectionen, welche Pythium-Arten bei lebenden Pflanzen hervorbringen. Tageblatt der 49. Naturforscher-Versammlung zu Hamburg, 1876. Auch in der Bot. Zeitung abgedruckt, 1877, Nr. 1.

Die bei der Entwickelung des Prothalliums sich bildenden einzelnen Sprossungen schicken sich entweder an, an ihren Enden sich direkt zu den männlichen Sexualorganen, den Antheridien[1]) zu entwickeln, oder es bildet sich an ihrer Basis ein secundäres Zellgewebe, welches durch die kleineren und sehr regelmässig vierseitigen Zellen sowohl, als durch den bedeutend reicheren protoplasmatischen Inhalt derselben sich auf den ersten Blick schon von den übrigen Sprossungen unterscheidet. Das gänzliche Fehlen einer Scheitelzelle bei den Wachsthumsvorgängen des Vorkeimes der Schachtelhalme tritt hier ebenfalls recht deutlich hervor; das ursprünglich nur eine Zellschicht dicke Gewebe wächst nur durch Vermittelung von Längs- und Quertheilungen der jedesmaligen obersten Zellenreihe. Die ersteren bewirken das in vertikaler Richtung stattfindende Längenwachsthum, die letzteren das Breitenwachsthum, welches in horizontaler Richtung erfolgt. Hierbei konnte jedoch irgend welche weitere Regelmässigkeit oder ein Gesetz bisher nicht beobachtet werden. Später treten auch Längstheilungen ein, welche rechtwinklig zu den ersten ansetzen, wodurch ein Dickenwachsthum dieses Zellgewebes eingeleitet wird, welches jedoch stets nur ein sehr beschränktes ist. Auf diesem Zellgewebe, welches dem Gewebepolster der Farn-Prothallien sowohl morphologisch als auch physiologisch analog ist, findet die Entwickelung der Archegonien statt.

Da es mir bei dieser Untersuchung im Wesentlichen darauf ankam, die Entwickelungsgeschichte des Embryo festzustellen, so war es unmöglich, zugleich auch die Entwickelungsgeschichte der Prothallien einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen, besonders da die Cultur der Schachtelhalme mit Schwierigkeiten der verschiedensten Art, wie ich schon oben mitgetheilt habe, verbunden ist.

Die Wachsthumsrichtung des Prothalliums sowohl als die des die Archegonien tragenden Gewebepolsters ist, abgesehen von dem weiter oben beschriebenen Breiten- und Dickenwachsthum eine ziemlich genau vertikale, d. h. also negativ geotrope. Nur bei älteren weiblichen Vorkeimen wird die ursprünglich verticale Lage des Prothalliums um ein Weniges geändert, so dass dasselbe etwas schief

---

1) Man vergl. meine Darstellung über die Entwickelung der Prothallien und Antheridien der Schachtelhalme in den Sitzungsberichten der Gesellsch. naturf Freunde zu Berlin vom 21. Decbr. 1875. Auch in Just's Jahresber. f. 1875, pg. 333

aufsteigt. Die Betrachtung solcher Prothallien kann jedoch bei der Entwickelungsgeschichte des Keimes ausser Acht bleiben, da an solchen Prothallien niemals befruchtete Archegonien gefunden werden. Es leuchtet hierbei ein, dass eben nur dadurch, dass die für die Ausbildung des Embryo bestimmten Reservestoffe diese ihre Bestimmnng zu erfüllen nicht im Stande sind, die Möglichkeit gegeben ist, dass an Stelle der Eizelle das Prothallium sich weiter entwickelt. Denn die Masse der Reservestoffe in dem Prothallium ist eine nur sehr beschränkte. Dafür sprechen auch die häufigen Wahrnehmungen, dass an einem Prothallium wohl mehrere Archegonien befruchtet werden, dass aber trotzdem niemals mehr als eines derselben die Embryonen bis zur jungen Pflanze ausbildet; in den meisten solchen Fällen reichen die Reservestoffe sogar nur bis zu einer wenigzelligen Entwickelung der Embryonen hin, worauf diese letzteren dann sämmtlich zu Grunde gehen.

Die Archegonien werden stets an dem obersten Theile des weiblichen Zellgewebes angelegt und entstehen aus einer Endzelle desselben, welche sich nach aussen ausstülpt und also sehr bald grösser als die Nachbarzellen wird. Indem nun eine zur äusseren Zellwand parallele, also horizontale Theilungswand auftritt, wird diese ausgestülpte Zelle in eine untere und eine obere getheilt, von denen die letztere die Mutterzelle des Archegoniumhalses darstellt, die untere dagegen die Centralzelle. Betreffs des weiteren Entwickelungsganges verweise ich ausserdem auf die im Wesentlichen übereinstimmenden Darstellungen Hofmeisters[1]) und Duval-Jouve's,[2]) ganz besonders aber auf die Untersuchungen Janczewski's.[3]) Für unsere Aufgabe jedoch ergiebt sich als wesentliches Moment, dass die Wachsthumsrichtung des Archegoniums dieselbe ist, wie die des Prothalliums und des Gewebepolsters, d. h. also, dass der Hals des Archegoniums nach oben gekehrt ist und seine Wachsthumsaxe mit der Lothlinie zusammenfällt.

Vergleichen wir nun die Archegonien der Schachtelhalme mit

1) Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen, I. Theil, S. 171 ff. — Aus den Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Klasse der Königl. Sächs. Gesellschatt der Wissenschaften, 1852.

2) Histoire naturelle des Equisetum, 1864, pag. 105 ff.

3) Vergleichende Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte des Archegoniums. Botanische Zeitung 1872, No. 21—23.

den Archegonien derjenigen Pflanzenfamilie, welche den Schachtelhalmen verwandtschaftlich am nächsten steht, nämlich mit denen der Farnkräuter, so ergiebt sich, dass in Bezug auf die Richtung der Wachsthumsaxe der Archegonien eine sehr bedeutende Verschiedenheit zwischen beiden Familien stattfindet; der Art, dass das Archegonium der Farnkräuter gegen das der Schachtelhalme eine fast diametral entgegengesetzte Wachsthumsrichtung zeigt. Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Archegonien der Farnkräuter, welche auf der Unterseite (Bauchseite) des Prothalliums entspringen, auch nach unten gerichtet sind, und dass die Wachsthumsaxe derselben mit der des Prothalliums sowohl als auch mit der Flächenausbildung des letzteren ziemlich genau einen rechten Winkel bildet. Da das Prothallium der Farnkräuter jedoch niemals (wenigstens in keinem der mir bekannt gewordenen Fälle) eine genau horizontale Lage hat, sondern stets etwas schräge aufsteigt, so dass seine Wachthumsaxe gegen die Horizontale um etwa 30°, in manchen Fällen sogar um 40° und noch mehr geneigt ist, so ergiebt sich, dass die Wachsthumsrichtung der Archegonien der Farnkräuter von der Lothlinie um 140—160° abweichen muss. Diese Zahlen bezeichnen demnach zugleich auch den Richtungsunterschied der Wachsthumsaxen der Archegonien der beiden in Rede stehenden Familien.

Die Entwickelung des Keimes der Schachtelhalme ist bis jetzt allerdings schon von zwei Forschern untersucht worden, der Art, dass sie bis auf die Eizelle zurückgingen, nämlich von Hofmeister [1]) und später von Duval-Jouve. [2]) Diese Angaben sind jedoch verhältnissmässig so lückenhaft, dass es nach denselben kaum möglich sein dürfte, ein nur einigermassen klares Bild zu erhalten von der Entwickelungsgeschichte des Embryo der Schachtelhalme; andererseits aber stimmen die Angaben derselben so wenig überein, dass weitere Untersuchungen schon deswegen durchaus wünschenswerth erschienen. In Folge dessen habe ich solche unternommen und im Laufe des vorigen Jahres ausgeführt, jedoch kann ich weder die Resultate Hofmeister's, noch die Duval-Jouve's bestätigen. Ich theile daher meine Untersuchungen im Nachfolgenden mit und werde bei

1) l. c. S. 174 u. ff.
2) l. c. S. 110 u. ff.

dieser Gelegenheit die irrthümlichen Angaben der genannten Beobachter besprechen.

Die Befruchtung selbst zu beobachten, ist mir trotz mehrfacher Versuche nicht gelungen, und ich glaube in der That auch, dass die Objekte, welche die Schachtelhalme liefern, für das direkte Studium des Befruchtungsvorganges nicht gerade die günstigsten sind. Da es mir ausserdem vielmehr darauf ankam, die Entwickelungsgeschichte des Embryo bis zur Ausbildung der jungen Pflanzen zu studiren, so bediente ich mich des mir zur Verfügung stehenden Materials dazu, diese in eingehender Weise zu untersuchen.

In allen beobachteten Fällen tritt nach erfolgter Befruchtung in der Eizelle eine Scheidewand auf, welche gegen die Archegoniumaxe der Art schief geneigt ist, dass der Richtungsunterschied vom rechten Winkel 15—20° abweicht. Indem dadurch die Eizelle zugleich auch in zwei annähernd gleich grosse Theile getheilt wird, entsteht eine obere, dem Archegoniumhalse zugekehrte und eine untere, dem Archegoniumhalse abgewendete Hälfte in derselben. In jeder dieser Hälften treten sehr bald neue Scheidewände auf, welche zu der ersten nahezu rechtwinklig ansetzen, so dass wir also nun die Eizelle in 4 Quadraten getheilt finden. Es sei jedoch gleich an dieser Stelle bemerkt, dass in der oberen Hälfte des noch zweizelligen Embryo's die die beiden oberen Quadranten bildende Wand eine Neigung hat, etwas schief anzusetzen wie dies auch die Figur 2, Tafel XXXVII deutlich zeigt.

So weit stimmen meine Untersuchungen mit den Angaben Hofmeisters, betreffend die ersten Theilungen der Eizelle überein; für die Deutung aber, welche Hofmeister den einzelnen Quadranten giebt, habe ich weder in meinen Untersuchungen, noch auch in den von Hofmeister selbst gegebenen Zeichnungen einen Anhaltspunkt finden können. Nach Hofmeister [1]) stellt der eine der unteren Quadranten (derselbe, welchen wir mit „Fuss" bezeichnen) die primäre Axe dar, während der darüber liegende Quadrant (der dem „Stamm" entsprechende) als sekundäre Axe aufgefasst wird. Die primäre Axe gelangt nach Hofmeister nicht zur Ausbildung; ihr beträchtliches Wachsthum in dieDicke jedoch, noch mehr aber die Aufwärtskrümmung der sekundären Axe soll es bewirken, dass die Anlage

1) l. c. S. 174 u. 175.

des sekundären Sprosses binnen Kurzem auf den Scheitel der kugeligen Zellenmasse gerückt wird.

Noch eigenthümlicher denkt sich Duval-Jouve den Aufbau des Embryo; derselbe nimmt allerdings an, dass die primäre Axe dem Archegoniumhalse zugewendet ist, aber durch die Zeichnung sowohl, als durch die Deutung beweist er, dass er seine Entwickelungsgeschichte auf Längsschnitte basirt hat, welche gar nicht mit der Mediane des Embryo's zusammenfallen. Am deutlichsten zeigt sich dies in der Annahme, dass rings um den Embryo parallel zur Peripherie desselben Zellwände auftreten, welche den Embryo gewissermassen einhüllen. Aus den folgenden Mittheilungen meiner Untersuchungen erhellt jedoch, dass eine solche Hülle gerade die primäre Axe freilässt und dass diese Hülle keineswegs die Bedeutung eines Stammtheiles beanspruchen kann. Hätte Duval-Jouve, wie es bei allen embryologischen Untersuchungen unerlässlich nöthig ist, sich die Mühe genommen, den Embryo frei herauszupräpariren, so wäre er sicherlich vor so bedeutenden Irrthümern bewahrt geblieben. Nach meinen Untersuchungen bin ich vielmehr zu dem Resultat gekommen, dass die obere Hälfte des noch zweizelligen Embryo ganz unmittelbar die primäre Axe darstellt, aus welcher sich in gleicher Weise, wie später bei der erwachsenen Stammknospe die Blätter erzeugen.

Ich betrachte daher die auf meinen Abbildungen mit II bezeichnete Wand, welche die obere Hälfte des zweizelligen Embryo in zwei gleiche Theile theilt, als das erste Resultat der Thätigkeit der primären Axe oder Stammknospe, d. h. als den Beginn der Segmentirung derselben, durch welche als erstes Segment die erste Blattanlage der jungen Pflanze abgeschieden wird. Mit Bezug hierauf wird uns jetzt die schon oben angedeutete Neigung der in Rede stehenden Wand II, etwas schief anzusetzen, nicht mehr auffallend, sondern als durch die Natur der Sache geboten nothwendig erscheinen. Auf dieses erste Segment folgen sehr bald das zweite und dritte, ganz in der Weise, wie es bezüglich des Wachsthums der Stammknospe der erwachsenen Pflanze seit den Untersuchungen Cramer's[2])

1) l. c. S. 105 u. 106.

2) Pflanzenphysiologische Untersuchungen von Carl Näegeli und Carl Cramer. 3. Heft. — Man vergl. auch Reess, zur Entwickelungsgeschichte der Stammspitze von Equisetum im Jahrb. f. wiss. Bot. pag. 241. ff.

bekannt ist (man vergleiche Taf. XXXV, Fig. 2 und 3 und Taf. XXXVII, Fig. 3, wo die in Klammer befindlichen Zahlen zugleich anch die aufeinanderfolgenden, in der betreffenden Ansicht sichtbaren Segmenttheilungen bezeichnen). Dem entsprechend wird auch das zweite und dritte Blatt angelegt, und somit also auch der aus der Verwachsung der ersten drei Blätter gebildete erste Ringwall (Blattscheide); also ebenfalls ganz analog dem späteren Verhalten, wo in gleicher Weise aus je drei Blattanlagen ein Ringwall hervorgeht. Die Stammknospe selbst aber nimmt nunmehr auch ihre definitive äussere Gestalt und Form an, ihre Scheitelzelle entspricht jetzt schon genau der Stammscheitelzelle der erwachsenen Pflanze; namentlich konnte mehrfach constatirt werden, dass die Scheitelzelle auch schon in diesem Stadium der Entwickelung eine verkehrt dreiseitige Pyramide darstellt. Leider war es mir aber trotz aller Mühe nicht möglich, den Embryo in der dies Verhalten beweisenden Lage so zu fixiren, dass er gezeichnet werden konnte, da die durch den Scheitel gehende Axe des Embryo zugleich auch seine Längsaxe ist, und daher die Scheitelansicht nur beim Drehen gewonnen werden konnte. Ich muss mich daher betreffs der bildlichen Darstellung dieser Vorgänge mit dem Hinweis auf die Figuren 2a, 2c und 2d auf Tafel XXXV begnügen, wo wenigstens eine Andeutung der Scheitelansicht gegeben ist. Für etwas ältere Embryonen konnten solche Ansichten mehrfach gewonnen werden und ich entschied mich bei der Auswahl der erhaltenen Abbildungen für die auf Taf. XXXVII, Fig. 7 gegebene Scheitelansicht des Embryo von Equisetum palustre.

Während in der oberen Hälfte des Embryo die eben beschriebenen Vorgänge stattfinden, bleibt die untere Hälfte nicht zurück, sondern im Gegentheil schien es in einigen Fällen, als ob die weitere Zweitheilung in der unteren Embryohälfte früher stattfände, als in der oberen, wie überhaupt die Zelltheilung und das Wachsthum in der unteren Embryohälfte schneller und kräftiger vorschreitet, als in der oberen.

Durch die in der unteren Hälfte auftretende Wand II (w_1) wird in analoger Weise wie in der oberen Embryohälfte hier die Differenzirung der Wurzel eingeleitet, indem als erstes Segment der sog. Fuss abgetrennt wird, wodurch also auch die untere Hälfte in zwei Quadranten getheilt wird. Ganz besonders in dem unteren dieser

beiden Quadranten (es ist dies zugleich auch der unterste des ganzen Embryo) findet eine sehr beträchtliche Zellenvermehrung statt, als deren Resultat wir die Bildung der ersten Scheitelzelle der Wurzel und die der Wurzelhaube auffassen können, wie dies in den darauf bezüglichen Figuren, besonders Tafel XXXV, Figur 2 und 3 dargestellt ist.

Zwischen den Figuren 3a und 3b auf Tafel XXXV, welche sich beide auf denselben Embryo in einer und derselben Stellung beziehen, von denen jedoch die erste (Fig. 3a) die sphärische Oberfläche, die letztere (Fig. 3b) dagegen den optischen Durchschnitt darstellt, besteht trotz der scheinbar grossen Verschiedenheit völlige Uebereinstimmung. Man denke sich die Projection der sphärischen Oberflächen-Ansicht unabhängig von unserer im optischen Durchschnitt gewonnenen ausgeführt, und bezeichne dabei der Kürze wegen die auf der sphärischen Oberfläche zur Wand I hin verlaufende Linie mit w_2, mit w_3 dagegen die ebenfalls auf der Oberfläche verlaufende Linie, welche die Linie w_2 nahezu rechtwinklig trifft. Beide Linien stellen jedoch zugleich Theilungswände dar, welche durch die Oberfläche der Embryokugel begrenzt sind, und es seien daher im Weiteren auch die Theilungswände, den bezüglichen Linien entsprechend mit w_2 und w_3 kurz bezeichnet. Die demnach durch die Linie w_2 bezeichnete Theilungswand verläuft jedoch keineswegs parallel der Wand II (w_1), sondern convergirt mit derselben, so dass schliesslich beide Zellwände sich unter einem spitzen Winkel schneiden. Indem dies auf der Projectionsebene (Quadrantenebene) geschieht, ist auf derselben natürlich die Wand w_2 nicht zu sehen, wohl aber die Wand w_3, welche die Wand w_2 schneidet und mit dieser bis auf die Projektionsebene verläuft, auf welcher letzteren sie senkrecht steht. Sie ist daher ebenso auf der Projectionsebene, wie im optischen Durchschnitt zu erkennen, auf welchem sie als erste Anticline[1]) auftritt, während sie in der That die zweite anticline Wand im Wurzelquadranten ist. Wenn auch diese beiden Theilungswände ausserordentlich schnell nach einander, fast gleichzeitig auftreten, so

---

1) Man vergleiche über die hier angewendete Terminologie: Sachs, über die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzentheilen. Verhandl. der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg. N. F. XI. Bd.

muss man trotzdem annehmen, dass w_4 früher gebildet worden ist, als w_3, weil sonst schwer zu begreifen wäre, dass w_3 nicht auch auf der Oberflächen-Ansicht bis zur Quadranten-Wand II (w_1) reichte. Durch diese Zellwände (w_2 und w_3) wird von dem Wurzelquadranten eine einem Kugelsekter ähnliche Kugelpyramide ausgeschnitten, welche die erste Scheitelzelle der Wurzel darstellt und von welcher aus ebenso wie bei der erwachsenen Pflanze die Haubenbildung ausgeht. Von dieser Kugelpyramide wird nämlich durch eine zur Gąundfläche derselben annähernd parallele, zur Quadratenwand II (w_1) aber senkrechte, pericline Theilungswand ein schmales calottenförmiges Stück abgeschnitten, welches in der That die erste Wurzelhaube darstellt; während die zurückbleibende grössere Zelle, welche demnach die Form einar Kugelpyramide beibehalten hat, die Wurzelscheitelzelle deutlich erkennen lässt. Diese pericline Theilungswand (wh) ist natürlich auf der Oberflächen-Ansicht, weil parallel zu der Oberfläche verlaufend, nicht erkennbar, wohl aber auf der medianen Ansicht, da sie die Quadranten-Ebene annähernd rechtwinklig trifft (wh auf Tafel XXXV, Figur 3b). Jetzt erst tritt die auf der Oberflächen-Ansicht mit w_4 bezeichnete, anticline Zellwand auf, welche parallel der Quadratenwand II (w_1) werläuft und daher im medianen optischen Durchschnitt nicht sichtbar ist. Durch diese Zellwand w_4 wird ein zweiter Theilungscyclus des Wurzelquadranten eingeleitet, bei welchem die Wand w_4 die dei Wand w_1 analoge Rolle spielt.

Die im optischen Durchschnitt gezeichneten Embryonen 3b und 3c (Taf. XXXV) veranschaulichen daher die hier stattfindenden Wachsthumsvorgänge nicht weniger als die sphärischen Oberflächen-Ansichten; ja sie erklären sogar zu einem nicht geringen Theile die durch die letzteren gewonnenen Auffassungen. Sie mussten aber auch hier schon berücksichtigt werden, weil bei der weiteren Entwickelung der Embryonen durch das Auftreten einer fast die ganze Embryokugel bekleidenden Periclinen-Hülle die sphärischen Oberflächen-Ansichten gar keine Einsicht in die Wachsthumsvorgänge gestatten, wohl aber die optischen Durchschnitte.

Vergleichen wir aber hiermit, besonders auch noch unter Zuhilfenahme der darauf bezüglichen Figuren die Gestalt und Entwickelung der Wurzel an der ausgebildeten Pflanze, wie wir sie

besonders durch die Untersuchungen Naegeli's und Leitgeb's[1]) kennen, so leuchtet die völlige Uebereinstimmung ein. Wir sehen also, dass ebenso wie in der oberen Embryohälfte auch in der unteren durch die ersten Segmentirungen bereits derjenige Wachsthumsmodus eingeleitet wird, welcher der das betreffende Organ bestimmende ist.

Was endlich die Ausbildung des zweiten Quadranten der unteren Embryohälfte anlangt, so haben wir es mit dem sehr einfachen Wachsthumsmodus rechtwinklig aneinander ansetzender, anticliner und pericliner Zellwände zu thun. Sämmtliche darauf bezügliche Abbildungen, insbesondere aber die Figuren 2, 3 und 5 auf Taf. XXXV veranschaulichen diese Wachsthumsvorgänge ausreichend. Eine weitere Differenzirung, wie wir solche noch eben bei dem Wurzelquadranten gefunden haben, findet hier nicht statt. Auch ist eine solche gar nicht zu erwarten, wenn wir, abgesehen von der bisher unsicheren morphologischen Bedeutung die erste physiologische Aufgabe des sog. Fusses in's Auge fassen, mit Bezug auf welche wir den letzteren bekanntlich als Saugapparat zu bezeichnen haben.

Ausgehend von den Entwickelungsstadien, welche die Figuren 2 und 3 auf Tafel XXXV darstellen, sehen wir, dass bei der weiteren Entwickelung (Fig. 4 derselben Tafel) die durch die ersten oben beschriebenen Theilungen eingeleiteten Wachsthumsmodi zunächst in den beiden Embryohälften annähernd gleichmässig fortschreiten; sehr bald jedoch tritt hierin eine Aenderung ein. Während die obere Hälfte in der uns schon durch die Untersuchungen von Cramer[2]) und Reess[3]) bekannten Weise den Wachsthumsmodus der Stammknospe durchmacht, findet in der unteren Hälfte vornehmlich intercalares Wachsthum statt, zugleich aber bildet sich, bedingt durch das Auftreten einer zusammenhängenden Reihe von Periclinen eine äussere Zellschicht, welche daher auch mit Periclinenmantel bezeichnet sein mag. Dieser Periclinenmantel grenzt natürlich an der Theilungswand I an die ersten Blattanlagen und wächst gleichmässig mit derselben weiter, so dass er mit dieser ein zusammenhängendes Ganze bildet, eine gemeinsame Hülle, deren oberer Theil den ersten

1) Entstehung und Wachsthum der Wurzeln. — Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik. IV. Heft, 1868.

2) l. c.

3) l. c.

Ringwall des Embryo darstellt. (Man vergleiche Fig. 5 auf Taf. XXXV, Fig. 1, 2 und 3 auf Taf. XXXVI und Fig. 5 und 6 auf Taf. XXXVII). Dieser Ringwall verfolgt, wie aus den eben bezeichneten Abbildungen zu ersehen ist, von Anfang an genau dasselbe Wachsthum wie jeder Ringwall der erwachsenen Pflanzen[1]) und auch der erste Ringwall der Seitenknospen,[2]) und überholt demnach, wie es auch für die eben angeführten Fälle dargestellt wird, sehr bald die Stammknospe an Grösse, so dass dieselbe endlich vollständig von dem Ringwall umfüllt und in demselben verborgen erscheint, wie es Fig. 1 auf Tafel XXXVII darstellt. Dieser ganze Entwickelungsgang ist für Equisetum arvense auf den Tafeln XXXV und XXXVI, für Equisetum palustre auf Taf. XXXVII dargestellt. Die Figuren 4 und 5 auf Taf. XXXV, 3 auf Taf. XXXVI und 1 und 6 auf Taf. XXXVII stellen Embryonen in derjenigen Lage dar, in welcher die die 4 Quadranten bildenden Theilungswände I und II sichtbar sind, während die Fig. 1 und 2 auf Taf. XXXVI sich auf zwei aufeinander folgende Entwickelungsstadien beziehen in der Lage, in welcher nur die Theilungswand I sichtbar ist, die Theilungswände II aber parallel zur Ebene des Papieres verlaufen.

Ich glaube allerdings, dass Embryonen in einem Entwicklungsstadium, wie es die oben bezeichneten Figuren zeigen, den Anschein haben, als wenn die Stammknospe im Begriff stände, sich aus der sie umgebenden Hülle herauszuentwickeln und es mögen wohl solche Zustände gewesen sein, welche Hofmeister[3]) und Duval-Jouve[4]) zu der Annahme veranlasst haben, dass die Stammspitze der jungen Pflanze aus einer sekundären Axe des Embryo hervorgehe. Die diesen direkt vorhergehenden Entwickelungsstadien (man vergleiche Fig. 4 und 5 auf Taf. XXXV und Fig. 4 auf Taf. XXXVII), sowie endlich die noch jüngeren (man vergleiche Fig. 2 und 3 auf Taf. XXXV und Fig. 3 auf Taf. XXXVII) zeigen jedoch zur Evidenz, dass die Stammspitze das Primäre ist und dass erst aus den

---

1) l. c.

2) E. v. Janczewski. Recherches sur le développemeut des bourgeons daus les Prêles. — Memoire de la Societe nationale des Sciences naturelles de Cherbourg, Tome XX, 1876.

3) l. c.

4) l. c.

Segmentirungen derselben die erste Blattscheide (Ringwall) hervorgeht. Letztere übertrifft allerdings durch die Schnelligkeit und Kräftigkeit des Wachsthums die Stammknospe an Grösse sehr bald und hüllt dieselbe endlich völlig ein.

Während dieser Vorgänge verändert sich das Archegonium bei Equisetum arvense nicht unerheblich, indem die den Archegoniumbauch bildenden Zellen sich bedeutend in die Länge strecken, dabei sich aber fast nur parallel zum Inneren desselben theilen, so dass der Archegoniumbauch von mehreren aufeinanderliegenden Lagen sehr schmaler Zellen begrenzt erscheint. Der Archegoniumhals bleibt dabei geöffnet. Entgegengesetzt den Hofmeister'schen Angaben [1]) habe ich das Letztere constant beobachtet; auch bei Equisetum palustre und limosum, wo jedoch die den Archegoniumbauch begrenzenden Zellen die oben erwähnte Eigenthümlichkeit weniger erkennen lassen.

Erst verhältnissmässig sehr spät, meist erst nach der Anlage des zweiten, mitunter auch erst des dritten Ringwalles durchbricht der Embryo das Archegonium, wobei er den Hals desselben etwas zur Seite schiebt. Die Wurzel durchbohrt nach unten zu, ihrem ersten Wachsthum gemäss das Archegonium und krümmt alsdann sich sehr bald in geotroper Richtung vollständig lothrecht herab, da ihr erstes Wachsthum durch den hindernden Einfluss des Prothalliums etwas schief gegen die Lothlinie vor sich geht, wie auch aus der Figur 1 auf Taf. XXXVII ersichtlich ist.

Bezüglich der Entwickelungsgeschichte des Embryo erübrigt es endlich noch, die Orientirung desselben in dem Prothallium auseinanderzusetzen. Diese lässt sich durch die beigegebenen Figuren in der einfachsten Weise veranschaulichen, wobei man allerdings die schon oben besprochenen Wachsthumsverhältnisse des Prothalliums, sowie die Anlage und Entwickelung der Archegonien in Betracht ziehen muss.

Fig. 1 (Taf. XXXV), Fig. 3 (Taf. XXXVI) und Fig. 3 (Taf. XXXVII) zeigen die Orientirung des Embryo bei Schnitten, welche senkrecht zur Prothalliumfläche geführt sind; durch die beiden

---

1) l. c. S. 174. Diese irrige Angabe ist darauf zurückzuführen, dass die Längsschnitte, auf welche sich dieselbe stützt, nicht genau parallel der Wachsthumsaxe des Archegoniums geführt worden sind. Aufhellungsmittel geben hierüber einen vollkommen sicheren Aufschluss.

Theilungswände II wird der Embryo also in zwei Längstheile geschieden, von denen der eine durch den Wurzel- und Blattquadranten, der andere durch den Stamm- und Fussquadranten gebildet wird. Es ist hierbei jedoch hinzuzufügen, dass die Theilungswand II nicht vollständig genau parallel zur Prothalliumfläche ansetzt, sondern mit derselben, wenn auch allerdings nur sehr wenig divergirt. In Folge dieser nur sehr geringen Divergenz sehen wir bei dem Embryo auch in der Lage, welche parallel der Prothalliumfläche ist, nicht die Theilungswand II. Fig. 3 auf Taf. XXXVII zeigt uns einen solchen Embryo, an welchem wir nur den Stamm und den Fuss sehen.

Es geht also hieraus hervor, dass die Wachsthumsaxe des Embryo ziemlich genau mit der Lothlinie übereinstimmt, und demgemäss auch mit der Wachsthumsrichtung des Prothalliums, wobei man jedoch festhalten muss, dass die Quadrantenebene nahezu senkrecht zur Fläche des Prothalliums steht und dass der Wurzel-Quadrant der unterste der Embryo-Quadranten ist. Es bildet demnach derjenige Quadrant die Wurzel aus, welcher am schnellsten und leichtesten den Erdboden erreichen kann. Etwas diesem ganz Gleiches finden wir auch bei sämmtlichen anderen Gefässkryptogamen, welche daranf hin untersucht worden sind, namentlich aber bei den Farnen, wie ich eines Näheren sogleich auseinandersetzen werde. Auch bei diesen ist der Wurzelquadrant constant der terrestrisch unterste, die Wurzel geht also auch bei diesen aus demjenigen Quadranten hervor, welcher dem Erdboden am nächsten ist. Auch bei Azolla geht die Wurzel aus einem in gleicher Weise gelegenen, untersten Wurzelquadranten hervor, wie aus der Mittheilung Berggren's [1]) deutlich ersichtlich ist.

Für die Darstellung der Entwickelung des Embryos der Farne liegen ausser den Hofmeister'schen Untersuchungen [2]) noch die von Kny [3]) über Ceratopteris, die von Janczewski und

1) Föregäende meddelonde om utvecklingen of prothalliet och embryot hos Azolla. — Botaniska Notiser 1876, Nr. 6b. Man vergl. auch Just's Jahresber. f. 1876 pag. 329.

2) Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen II. Aus den Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Classe der königl. Gesellsch. d. Wissensch. 1857.

3) Die Entwickelung der Parkeriaceen, dargestellt an Ceratopteris thalictroides Brong. In Nova acta der Ksl. Leopold.-Carol. deutschen Akademie der Naturforscher, Band XXXVII. Auch in den Sitzungsberichtsn der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin 1864. Just's Jahresb. f. 1874 p. 388 u. f. 1875 p. 333.

Rostafinski[1]) über Hymenophyllum, und die von Bauke[2]) über die Cyatheaceen mitgetheilten vor; sowie endlich die von Kienitz-Gerloff[3]), letztere freilich zur Zeit nur noch in der Form einer vorläufigen Mittheilung. Durch die Güte des Autors bin ich jedoch in den Besitz der von ihm selbst angefertigten Copien aller seiner darauf bezüglichen Abbildungen gekommen. Dieselben beziehen sich auf Pteris serrulata, Gymnogramme chrysophylla, Adiantum cuneatum und Aspidium (die Species war nicht genau zu bestimmen). Ausserdem habe ich selbst schon vor mehreren Jahren und auch in diesem Jahre mehrfache Untersuchnngen über die Entwickelung des Embryos der Farne ausgeführt und besonders Asplenum Trichomanes und Polypodium vulgare ziemlich lückenlos nach dieser Richtung untersucht. Bis auf einige für die vorliegenden Frageu mehr unwesentliche Verschiedenheiten stimmen meine Untersuchungen mit den Angaben Kienitz's überein, ebenso auch mit den Mittheilungen Janczewski's und Rostaflnski's über den Embryo von Hymenophyllum tunbridgense (s. oben). Darnach trennt die erste in der Eızelle der Farnkräuter auftretende Wand den Stammtheil von dem Wurzeltheil ab und ebenso vertheilt sich die darauf folgende Quadrantentheilung in völlig gleicher Weise wie bei den Schachtelhalmen; die Annahme einer primären Axe, welche nicht zur Ausbildung kommt und einer sekundären Axe, welche die Stammknospe erzeugt, wird somit also auch für die Farnkräuter ausgeschlossen.

Die erste embryonologische Untersuchung, welche die Unhaltbarkeit der Hofmeister'schen Hypothese der nicht zur Ausbildung gelangenden primären Axe der Gefässkryptogamen nachwies, ist von Pringsheim[4]) an Salvinia ausgeführt. Derselbe zeigte vielmehr,

1) Note sur le prothalle de l'Hymenophyllum tunbridgense. Mémoire de la société nationale des Sciences naturelles de Cherbourg, 1875. Tome XIX. Man vergleiche auch Just's Jahresbericht für 1875, pag. 333.

2) Entwickelungsgeschichte der Prothallien der Cytheaceen. Jahrb. f. wiss Botanik. X. Band. Just's Jahresb. f. 1875 p. 333.

3) Ueber den genetischen Zusammenhang der Moose mit den Gefässkryptogamen und Phanerogamen. Bot. Ztg. 1876, Nr. 45 u, 48. Auszugsweise in dem Tageblatt der 49. Naturforschergesellschaft zu Hamburg, pag, 199. Just's Jahresb. für 1876 pag. 328.

4) Embryobildung der Gefässkryptogamen. Monatsberichte der königl. Acad. d. Wissensch. z. Berlin, Sitzung v. 16. April 1863. p. 168 ff. — Zur Morphologie der Salvinia natans. Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. III.

dass die befruchtete Eizelle selbst unmittelbar zur bleibenden Scheitelzelle des Hauptsprosses wird. Zu demselben Resultat gelangte auch Hanstein für die Entwickelung des Keimes von Marsilia[1]) und Pilularia.[2]) Die Angaben desselben bezüglich der letzteren Gattung sind nachträglich von mir[3]) sowohl als von Arcangeli[4]) bestätigt worden. Diese beiden Gattungen, welche im Gegensatz zu der wurzellosen Salvinia die Wurzeln recht kräftig ausbilden, brachten für die Auffassung noch das Moment hinzu, dass durch die Befruchtung im Wesentlichen der Stammtheil und der Wurzeltheil abgeschieden werden, Thatsachen, welche wir im ausgedehntesten Masse auch für die Schachtelhalme und Farne constatiren konnten. Auch die Keimentwickelung der Gattung Selaginella, welche von Pfeffer[5]) untersucht worden ist, lässt sich hiermit ebenfalls in Uebereinstimmung bringen, obzwar hierbei allerdings besonders durch das Auftreten eines Embryoträgers eine gewisse Verschiedenheit bedingt wird. Ueber Isoëtes endlich ist nach den widersprechenden Angaben von Hofmeister[6]) und Bruchmann[7]) zur Zeit ein klares Urtheil nicht möglich, da die Untersuchungen Bruchmann's über die Entwickelung des Keimes nicht lückenlos sind. Soweit dieselben jedoch reichen, scheint es allerdings, dass die Keimentwickelung von Isoëtes sich mehr der der Monocotyledonen als der von Selaginella nähert, und wir es also hier mit einem Uebergange zu den Phanerogamen zu thun haben. Es dürfte demnach heute noch gerechtfertigt sein, die Keimentwickelung von Isoëtes an dieser Stelle zu übergehen.

Es bestätigt sich somit die Vermuthung, welche Pringsheim[8])

---

[1]) Die Befruchtung und Entwickelung der Gattung Marsilia. Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik IV.

[2]) Pilulariae globuliferae generatio cum Marsilia comparata. Bonnae 1866.

[3]) Ueber die Entwickelung des Farnblattes. Berlin 1874.

[4]) Sulla Pilularia globulifera e sulla Salvinia natans. — Nuova Giornale Botanico Italiano, Vol. VIII, Nr. 3. Luglio 1876.

[5]) Die Entwickelung des Keimes der Gattung Selaginella. In: Botan. Abhandl. aus dem Gebiete der Morphologie und Physiologie. Herausgegeben v. Hanstein. I. Band, IV. Heft.

[6]) l. c. I. Theil.

[7]) Ueber Anlage und Wachsthum der Wurzeln von Isoëtes und Lycopodium. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. 1874.

[8]) l. c.

und Hanstein[1]) bereits ausgesprochen haben, immer mehr und mehr, dass noch Manches, was bisher als auffallender Unterschied in der Keimentwickelung der verschiedenen Familien der Gefässkryptogamen hervorgetreten ist, sich bei wiederholter Prüfung als gemeinsamere Eigenthümlichkeit herausstellen wird. Wir sind in der That heute zu der Annahme berechtigt, dass die Keimentwickelung der gesammten Gefässkryptogamen im Allgemeinen auf einen Typus zurückzuführen ist. Dass wir es aber bei dieser Annahme nicht blos mit einer mehr fingirten, idealen Uebereinstimmung zu thun haben, sondern, dass auch die äusseren Formen des Keimes eine solche aufweisen, das zeigen vor Allem sehr deutlich die Abbildungen, welche Hanstein für die Keimentwickelung der Gattung Marsilia (Taf. XI, Fig. 21f und 21g) giebt, und welche in der That über die gleiche Orientirung des von mir auf Taf. XXXV, Fig. 2b dargestellten Embryo von Equisetum arvense keinen Zweifel mehr lassen. Wenn wir endlich von der Verschiedenheit absehen, welche in der Blattentwickelung zwischen den Equiseten und den Marsiliaceen ja naturgemäss bestehen muss, so werden wir auch in den Abbildungen, welche Hanstein auf Taf. XII Fig. 2a giebt, völlig analoge Bildungen erkennen müssen mit denen, welche ich auf Taf. XXXVI1, Fig. 6b dargestellt habe.

Noch bedeutsamere Homologien aber treten endlich hervor, wenn wir die Equiseten und Farne vergleichen. Ganz abgesehen davon, dass bei den Farnen dieselbe Quadrantenvertheilung, wie bei den Marsiliaceen und Equiseten auftritt, finden wir auch, dass diese Vertheilung nicht allein den übereinstimmenden, morphologischen Beziehungen Rechnung trägt, sondern auch den physiologischen, resp. biologischen, wenn wir die letzteren dahin auffassen, dass die Vertheilung in der Eizelle schon die Bedingungen enthält für die spätere Bestimmung der Organe im Haushalt der Pflanze.

Vergleichen wir zu diesem Zwecke die Embryonen der Schachtelhalme und Farne näher, so ergiebt sich, dass in der That die Embryonen dieser beiden Abtheilungen der Gefässkryptogamen völlig gleich orientirt sind, wenn wir von der verschiedenen Richtung der Archegoniumaxe absehen. Bei den Farnkräutern wird ebenso, wie

1) l. c.

bei den Schachtelhalmen durch eine der Horizontale sich nähernde Theilungswand eine obere und untere Hälfte, der Stammtheil und der Wurzeltheil in der Eizelle abgetrennt. Die Abweichung dieser ersten Theilungswand von der Horizontale lässt sich bei den Equiseten ziemlich scharf bestimmen, da wir hier im Allgemeinen annehmen können, dass die Richtung der Axe des befruchteten Archegoniums mit der Lothlinie übereinstimmt; wir können daher, wie auch die beigegebenen Abbildungen zeigen, hier mit einiger Sicherheit die Abweichung der ersten Theilungswand von der Horizontale als innerhalb der Grenzen eines Winkels von 15—30 Grad bestimmen. Weniger genau wird dies bei den Farnen möglich sein, wenn wir auch hier keinen allzu grossen Fehler begehen werden bei der Annahme, dass die Richtung der Archegoniumaxe etwa 140—160 Grad von der des Archegoniums der Equiseten abweicht, wie ich auch schon oben (man vergleiche S. 580) auseinandergesetzt habe. Ich verwahre mich jedoch dagegen, als ob ich durch diese Annahme die Möglichkeit ausgeschlossen sehe, dass hierin auch Schwankungen eintreten können; im Gegentheil, es ist mir sehr wahrscheinlich, dass derartige Schwankungen bei den Farnen mehr stattfinden werden, als bei den Equiseten, da ja doch bei den Farnen offenbar schon die Richtung der Wachsthumsaxe des Prothalliums nicht so constant ist, wie bei den Schachtelhalmen. Constant ist es jedoch bei denselben nach meinen und Kienitz's [1]) Untersuchungen, dass die erste in Folge der Befruchtung in der Eizelle stattfindende Theilungswand die Wachsthumsrichtung des Prothalliums annähernd unter einem rechten Winkel schneidet (betreffs der Abweichung vom rechten Winkel vergleiche man weiter unten), und demnach eine vordere, dem Scheitel des Prothalliums zugekehrte und eine hintere, demselben abgewendete Hälfte abtrennt. Die Theilungswand ist aber in den meisten beobachteten Fällen nicht genau parallel der Archegoniumaxe, sondern divergirt mit derselben, indem sie sich der Horizontale nähert um einen Winkel bis zu 30 Grad, und indem sie also den von der Horizontale und der Archegoniumaxe gebildeten Winkel nahezu halbirt, bildet sie mit der Horizontale selbst wieder einen Winkel von 20 bis 35 Grad. Die bezüglich der Wachsthumsrichtung des Prothal-

1) l. c.

liums mit vorderem und hinterem Theil zu bezeichnenden beiden Hälften des jungen Embryo sind also zugleich auch die obere und untere Hälfte und stellen als solche ebenso wie bei den Equiseten den Stammtheil und den Wurzeltheil dar. Auffallend aber muss es jedenfalls erscheinen, dass bei der so verschiedenen Lage und Richtung der Archegonien, wie sie bei den Equiseten und Farnen stattfindet, die Richtung der ersten Theilungswand des Embryo annähernd die gleiche ist, indem der Winkel, den dieselbe gegen die Horizontale bildet, bei beiden nicht sehr von 20 Grad abweicht. Dass bei den Farnen bedeutendere Abweichungen von diesem Winkel vorkommen werden, als bei den Equiseten, liegt auf der Hand und steht mit dem Variiren in der Wachsthumsrichtung des Prothalliums im Zusammenhange. Aber selbst, wenn wir den extremsten Fall annehmen, nämlich den, dass die erste Theilungswand genau parallel der Archegoniumsaxe ist (wie dies nach den Untersuchungen Janczewski's und Rostafinski's[1]) bei Hymenophyllum der Fall ist), werden wir in Folge der mit der Horizontale genau zusammenfallenden Wachsthumsrichtung des Prothalliums doch immer noch in der hinteren Embryo-Hälfte auch zugleich die untere erkennen müssen.

Gehen wir bei der weiteren Erwägung dieser Verhältnisse von dem Embryo der Equiseten aus, so ergiebt sich aus den mitgetheilten Auseinandersetzungen unzweifelhaft, dass der Embryo der Farne im Vergleich zu dem der Equiseten keine Drehung erfahren hat, sondern nur das Archegonium. Dass aber sogar innerhalb der Abtheilung der Farne die Lage des Prothalliums und also auch die des Archegoniums veränderlich ist, zeigt uns ein sehr eclatantes Beispiel, nämlich Ceratopteris.[2]) Bei sämmtlichen von mir und Kienitz untersuchten, oben näher bezeichneten Arten der Farne und auch bei den Equiseten ist die Quadrantenebene, d. h. also die durch die zweiten Theilungswände (man vergleiche Theilungswand II bei meinen Abbildungen) gebildete, ideale Ebene senkrecht zur Fläche des Prothalliums, bei Ceratopteris dagegen parallel zur Fläche des Prothalliums. Damit hängt natürlich auch die abweichende Orientirung des Embryo innerhalb des Archegoniums zusammen, und doch unterliegt

1) l. c.
2) l. c.

es nach den Untersuchungen Kny's keinem Zweifel, dass die terrestrische Lage der Quadranten die nämliche ist, wie bei den übrigen Farnen. Es ist allerdings hinzuzufügen, dass die Ausnahmestellung, welche Ceratopteris in dieser Beziehung einnimmt, um so auffallender erscheint, als auch die Marsiliaceen eine ganz gleiche Orientirung im Archegonium zeigen wie die echten Farne. Um desto mehr aber müssen wir diese Ausnahme berücksichtigen, da wir heute noch gar nicht bemessen können, welche Uebergänge und Vermittelungen uns die leider noch fehlende Entwickelungsgeschichte der Embryonen der Marattiaceen, Ophioglossaceen, Schizaeaceen u. s. w. aufdecken wird. Hierzu kommt noch, dass auch die Angaben Bauke's [1]) über den Embryo von Cyathea, wenn sie auch nur als Andeutungen aufzufassen sind, auf bedeutende Abweichungen von den übrigen Farnen hinweisen, die darin bestehen sollen, dass die erste Wand des Embryo parallel zur Axe des Prothalliums und senkrecht zur Fläche desselben ist. Die andere Angabe Bauke's, dass die ersten vier Zellen des Embryo in mehreren Fällen nach Art der Ecken eines Tetraëders angeordnet angetroffen wurden, scheint mir unwesentlich zu sein, da in diesen mehreren Fällen auch mehrere abnormale Zustände dem Beobachter vorgelegen haben können.

Mit Berücksichtigung aller der oben angeführten Thatsachen insbesondere aber der, dass der Quadrant, welcher der Wurzel den Ursprung giebt, stets der terrestrisch unterste ist, bin ich zu der Ansicht gekommen, dass es für die Entwickelung des Embryo völlig gleichgültig ist, welche Wachsthumsrichtung das Prothallium und die Archegoniumaxe zeigt.

Wir werden aber bei dem Versuch einer Erklärung dieser Thatsachen sicherlich nicht bei den morphologischen Betrachtungen und Theoremen stehen bleiben dürfen, sondern vielmehr die schon oben angedeuteten biologischen und physiologischen Verhältnisse berücksichtigen müssen. Wenn wir hierbei die biologische Bestimmung, welche der Wurzel innewohnt, in erster Linie in Rücksicht ziehen, so müssen wir dabei zunächst der weiteren Differenzirung der unteren Hälfte des Embryo unsere Aufmerksamkeit schenken. Ebenso wie in der oberen Hälfte findet nach den vorhergegangenen Auseinandersetzungen in der unteren Hälfte der beiden besprochenen Abthei-

1) l. c.

lungen der Gefässkryptogamen eine weitere Theilung durch annähernde Halbirung statt. Betreffs des unteren Theiles jedoch ist es constant, dass auch hier wieder nur derjenige der beiden unteren Quadranten sich zum Wurzelquadranten ausbildet, welcher der terrestrisch unterste ist, welcher also meistens positiv geotrop gelegen ist. Sollte dies in der That nur Zufall sein? Gewiss nicht. Ich erblicke vielmehr in der Thatsache, dass trotz der verschiedenen Richtung der Prothallien und Archegonien doch die terrestrische Lage der Embryo-Quadranten dieselbe bleibt, den entschiedenen Hinweis, dass wir es hier mit feststehenden Gesetzen zu thun haben, denen zufolge sowohl bei der ersten Theilung der Eizelle in zwei Hälften, als auch bei der darauf folgenden Vertheilung der Quadranten der positiv geotrope Charakter der Wurzel sich geltend macht.

Auch die Marsiliaceen und die Salviniaceen widersprechen dieser Auffassung nicht, und das um so weniger, als es für Azolla von Berggren direkt angegeben ist[1]), dass die Wurzel aus dem terrestrisch untersten Theile des Embryo hervorgeht.

Wir wissen aus den Untersuchungen Rosanoff's,[2]) dass es Protoplasma giebt, welches entschieden negativ auftritt, wie die Plasmodien von Aethalium septicum, welche an feuchten Wänden in die Höhe kriechen und unter dem Einfluss der Centrifugalkraft dem Centrum sich zuwenden. Sachs knüpft in seinem Lehrbuche an die Mittheilung dieser Thatsache die Bemerkung,[3]) dass es wahrscheinlich auch Protoplasma gäbe, welches sich in dieser Beziehung entgegengesetzt verhält, wodurch alsdann die geotropischen Erscheinungen eine innere Erklärung finden würden.

Es ist mir nun in Hinsicht auf die oben auseinandergesetzten Thatsachen im höchsten Grade wahrscheinlich geworden, dass wir es bei der ersten Theilung der befruchteten Eizelle, und dann bei der Anordnung des Wurzelquadranten mit Protoplasma zu thun haben, welches sich positiv geotrop verhält. Es ist allerdings nicht möglich gewesen, den experimentellen Beweis, der allein die endgültige Entscheidung liefern würde, hier beizubringen; ein solcher würde aber

1) l. c.

2) De l'influence de l'attraction sur la direction des plasmodia des Myxomycètes. — Mémoire de la société imperiale des sc. de Cherbourg. I. XIV.

3) Sachs, Lehrbuch der Botanik. IV. Aufl. pag. 813.

wohl ohne gänzliche Abänderung der bisherigen Untersuchungsmethoden nur höchst schwierig sein. Zunächst jedoch würde meine Vermuthung schon eine bedeutende Stütze gewinnen, wenn es in der That möglich wäre, die Existenz positiv geotropen Protoplasmas nachzuweisen. Andeutungen, welche für die Richtigkeit dieser meiner Vermuthung sprechen, sind allerdings schon mehrfach gegeben worden und führe ich als solche in erster Linie eine Beobachtung Kny's hier an, welche derselbe an Brutknospen von Lunularia gemacht hat.[1]) Die Zellen, welche den Wurzelhaaren den Ursprung zu geben bestimmt sind, gehen durch die ganze Dicke der Brutknospe hindurch und wachsen auch je nach der Lage der Brutknospe in dem einen oder in dem entgegengesetzten Sinne zum Wurzelhaar aus. Die Anlage und Ausbildung der Wurzelhaare geht nun aber dadurch vor sich, dass sich in der für den Ursprung des Wurzelhaares bestimmten Zelle des Protaplasma an der terrestrisch unteren Aussenfläche derselben ansammelt und, indem es eine Scheidewand absondert, als Wurzelhaarzelle von der Mutterzelle sich trennt. Die Thätigkeit des Protoplasma ist also hierdurch zur Genüge gekennzeichnet. Die ersten derartigen Versuche über den Geotropismus der Wurzelhaare sind nun allerdings die von Mirbel[2]) an Marchantia polymorpha angestellten; diese Versuche wurden durch Pfeffer[3]) noch erweitert, welcher auch noch die Beziehungen der Schwerkraft zur Contactkraft nachwies. Dadurch jedoch, dass bei Marchantia die Mutterzellen der Wurzelhaare nicht durch die ganze Dicke der Brutknospe hindurchgehen, wie bei Lunularia, schien es mir, dass die im Uebrigen allerdings übereinstimmenden Beobachtungen an Marchantia für unseren vorliegenden Fall doch weniger Beweiskraft darböten, wie die an Lunularia von Kny angestellten. Sollte es gelingen, noch mehr ähnliche Beobachtungen, wie die letzteren zu machen, so würde allerdings wohl die Existenz positiv geotropen Protoplasmas nicht mehr in Frage zu stellen sein.

Die Wichtigkeit und Tragweite weiterer solcher Beobachtungen lässt sich auch in Rücksicht auf die Befruchtungstheorie im Allge-

1) Die Entwickelung der Parkeriaceen. pag. 12 des Sep.-Abdr.
2) Recherches anatomiques et physiologiques sur le Marchantia polymorpha.
3) Studien über Symmetrie u. specifische Wachsthumsursachen. In: Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg. I. Bd, pag. 77 ff.

meinen nicht verkennen. In unserem speziellen Falle aber würden wir alsdann genöthigt sein, die durch die Befruchtung bedingte Sonderung der geotrop ungleichwerthigen Protoplasmamolekule anzuerkennen und damit zugleich auch eine auf die innere Natur der Zelle begründete klarere Vorstellung von Erscheinungen gewinnen, welche hier als Geotropismus hervortreten.

Zusammenstellung der erhaltenen Resultate.

Das Wachsthum des Prothalliums und des Archegoniums ist ein streng negativ geotropes; die Archegoniumaxe weicht daher von der Lothlinie kaum ab. Die erste in der befruchteten Eizelle auftretende Scheidewand bildet mit der Archegoniumaxe einen Winkel von etwa 70 Grad und theilt die Eizelle in eine obere, dem Archegoniumhalse zugewendete und eine untere, demselben abgewendete Hälfte.

Die obere Hälfte des noch zweizelligen Embryo stellt ganz unmittelbar, mittelbar also die Eizelle selbst, die primäre Axe dar, welche bereits in den ersten Segmentirungen das Wachsthum der Stammknospe der erwachsenen Pflanze zeigt und aus welcher also auch in gleicher Weise wie bei der Stammknospe der erwachsenen Pflanze der erste Ringwall hervorgeht. Die Theilung der oberen Embryohälfte in zwei Quadranten hat daher hier zugleich auch die Bedeutung des Beginnens der Segmentirung der primären Axe oder Stammknospe, wodurch die erste der drei den ersten Ringwall ausbildenden Blattanlagen abgeschieden wird. Nach Vollendung dieser ersten drei Segmentirungen zeigt die Stammknospe, die äussere Gestalt der Stammscheitelzelle der erwachsenen Pflanze, nämlich die einer verkehrt dreiseitigen Pyramide, deren Basis sphaeroïdisch convex ist.

Die untere Hälfte des noch zweizelligen Embryo stellt den Wurzeltheil dar, in welchem ebenfalls sehr bald eine weitere Segmentirung und demzufolge zunächst eine Quadrantentheilung erfolgt. Diese Quadranten haben dieselbe physiologische Aufgabe, zeigen jedoch sehr bald ein sehr verschiedenes Wachsthum. In dem unteren derselben findet zunächst eine ähnliche Segmentirung statt, wie in der ganzen oberen Embryohälfte. Das Resultat derselben ist demnach auch die Bildung einer dreiseitigen Pyramide, deren Basis durch

einen Theil der Oberfläche der jungen Embryokugel gebildet wird. Es ist dies die erste Scheitelzelle der Wurzel, von welcher sich durch eine zur Basis dieser Pyramide parallele Wand, zugleich auch die erste im Embryo überhaupt auftretende Pericline, die erste Wurzelhaube absondert. Diese erste Wurzel, bei ihrer Bildung bereits denselben Gesetzen folgend, wie die Wurzel der erwachsenen Pflanze, zeigt natürlich auch im Weiteren ein diesen Gesetzen folgendes Wachsthum.

Der zweite Quadrant der unteren Embryohälfte geht keine solche Differenzirungen ein; es tritt in ihm der sehr einfache Wachsthumsmodus rechtwinklig an einander ansetzender anticliner und pericliner Zellwände auf. Es ist dies der sog. Fuss, das erste Segment der in der Differenzirung begriffenen Wurzel, welches für den jungen Embryo aber dieselbe physiologische Bedeutung hat, wie die Wurzel für die erwachsene Pflanze.

Die beiden in der oberen und unteren Embryohälfte auftretenden ersten Theilungen, durch welche die junge Embryokugel gleichsam in vier Quadranten getheilt wird, liegen nahezu in einer Ebene. Diese ideale Ebene steht senkrecht zur Prothalliumfläche.

Die Orientirung innerhalb des Embryo ist folgende: dass das erste Segment der Stammknospe (d. h. die erste Blattanlage) mit dem Wurzelquadranten, die Stammknospe aber mit dem Fuss correspondiren.

Nachdem in der Embryokugel die eben bezeichneten Differengirungen vor sich gegangen sind, bildet sich von der die Wurzelhaube absondernden ersten Pericline aus eine zusammenhängende Reihe gleicher Periclinen. Diese grenzen an der ersten Theilungswand des Embryo, welche in dieser Zeit noch sehr deutlich erkennbar ist, an den ersten in der Ausbildung begriffenen Ringwall und stellen mit diesem zusammen eine gemeinsame Hülle dar. Der obere Theil dieser Hülle, der erste Ringwall des Embryo, verfolgt von Anfang an dasselbe Wachsthum, wie bei der erwachsenen Pflanze und überholt daher auch sehr bald die nur langsamer wachsende Stammknospe des Embryo, so dass die letztere endlich vollständig von demselben umgeben erscheint. Es geschieht dies meist in der Zeit, wo die Anlage zur Bildung eines zweiten Ringwalles an der Stammknospe erfolgt. Die Anlage und Ausbildung des zweiten Ringwalles

folgt ebenfalls derselben Regel, wie die eines jeden Ringwalles der erwachsenen Pflanze.

Meist erst nach der Anlage des dritten Ringwalles durchbohrt der Embryo das Archegonium, den Hals desselben zur Seite schiebend, während die Wurzel ihr ursprünglich geotropes Wachsthum, welches durch das Prothallium behindert war, unter der nothwendigen Krümmungserscheinung sofort wieder aufnimmt.

Die Entwickelungsgeschichte des Keimes der Equiseten zeigt die auffallendsten Homologien mit den bis jetzt bekannten Entwickelungen der Embryonen der übrigen Familien der Gefässkryptogamen. Da in dieser Hinsicht die bisher untersuchten Polypodiaceen, die Marsiliaceen, Salviniaceen und Selaginellen mit den Equiseten übereinstimmen, erscheint schon heute die Annahme gerechtfertigt, dass sämmtliche Gefässkryptogamen (mit Ausnahme vielleicht von Isoëtes) in der Entwickelung des Keimes einem und demselben Wachsthumstypus folgen. Die Annahme einer sekundären Axe des Embryo, welche sich zum Stamm ausbildet, während die primäre Axe verkümmert, ist nach den vorliegenden Untersuchungen nicht mehr haltbar.

Die Uebereinstimmungen in der Entwickelung des Keimes treten am schärfsten hervor bei einer Vergleichung der Equiseten und Farne. Bei beiden Familien ist die terrestrische Lage des Embryo annähernd dieselbe, indem die erste in der Eizelle auftretende Wand bei beiden Familien annähernd dieselbe Lage gegen die Horizontale hat. Selbst diejenigen Farn-Embryonen, bei denen die Abweichungen davon am grössten sind, lassen doch immer noch eine obere und untere Hälfte unterscheiden. Wenn bei der so sehr (um etwa 150 Grad) verschiedenen Richtung der Archegoniumaxe der Farne und Equiseten doch der Wurzeltheil die terrestrisch untere Hälfte des Embryo einnimmt, so liegt es auf der Hand, dass die Richtung der Archegoniumaxe irrelevant ist für die Ausbildung des Embryo. Es ist vielmehr anzunehmen, dass physiologische Gesetze diese constant terrestrische Lage der Wurzel bedingen, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass in Folge der Befruchtung eine Sonderung der verschieden geotropen Protoplasmamolecule stattfindet.

Hamburg, September 1877.

Erklärung der Abbildungen.

Vorbemerkung. In sämmtlichen Figuren bezeichnet: st = Stammknospe, b = die durch die erste Segmentirung der Stammknospe hervorgegangene erste Blattanlage, w = der Quadrant, welcher die Wurzel producirt, f = Fuss — I. = erste Theilungswand der Eizelle, durch welche eine obere Hälfte (Stammtheil) und eine untere Hälfte (Wurzeltheil) abgeschieden wird. II. = zweite in jeder dieser Hälften auftretende Theilungswand. (Bei der unteren Embryohälfte ist diese Theilungswand oft noch mit II (w_1) bezeichnet.

Die Orientirung der einzelnen Embryonen lässt sich leicht ausführen, wenn man festhält, dass die Theilungswand I die in Fig. 1 auf Tafel XXXV oder Fig. 3 auf Tafel XXXVII angegebene Richtung stets innehält.

Tafel XXXV.

Equisetum arvense.

Fig. 1. Vierzelliger Embryo, noch im Archegonium. Die Zellen des Archegoniumbauches sind sehr schmal in Folge der Ausdehnung desselben. Vgr. 270.

Fig. 2. Oberflächen-Ansichten eines und desselben jungen frei präparirten Embryo in vier verschiedenen Lagen. Bei Fig. 2a und Fig. 2d sind sämmtliche 4 Quadranten sichtbar, bei Fig. 2b nur die erste Blatt- und die erste Wurzelanlage, bei Fig. 2c der bereits segmentirte Stammtheil (Stammquadrant) uud der Fuss-Quadrant. Vgr. 270.

Fig. 3. Oberflächen-Ansichten und optische Durchschnitte eines und desselben jungen frei präparirten Embryo. Betreffs der näheren Erläuterung vergleiche man den Text (S. 584 u. f.). Die optischen Durchschnitte Fig. 3b und 3c sind um fast 180⁰ gegeneinander gedreht, Fig. 2c entspricht ziemlich der Lage, welche der Embryo in Fig. 1 einnimmt. Vgr. 270.

Fig. 4. Weiter vorgeschrittener Embryo. Die Bildung der Periclinenhülle ist im Wurzelquadranten schon vollendet und beginnt im Fussquadranten. Die Theilungswand I sehr deutlich, die Theilungswand II nur in der unteren Hälfte deutlich, in der oberen ist sie ebenso wie in Fig. 5 kaum noch zu erkennen. Die Scheitelzelle der Stammknospe ist schon sehr ausgegebildet. (Die Orientirung dieses Embryo stimmt mit der der Figuren 1, 2a, 3c, und 5 überein.) Vgr. 360.

Fig. 5. Noch weiter vorgeschrittener Embryo, frei präparirt. Fig. 5a giebt die Oberflächenansicht, Fig, 5b den optischen Durchschnitt. Die in Fig. 4 angefangene Periklinenbildung ist hier in der unteren Häfte vollendet. Die untere Theilungswand II ist ebenso wie in Figur 4 deutlich zu erkennen, nicht aber in dem oberen Theile des Embryo. Die Scheitelzelle der Wurzel tritt auch hier ebenso wie die Wurzelhaube sehr deutlich hervor. Vgr. 360.

Tafel XXXVI.

Equisetum arvense.

Fig. 1. Der Embryo zeigt etwa dieselbe Ausbildung, wie der auf Fig. 5 der vorhergehenden Tafel. Die Lage desselben ist jedoch um um 90° gegen denselben gedreht, also hier parallel der Prothalliumfläche. Es ist hier nur der optische Durchschnitt dargestellt, die punktirte Linie bedeutet den Verlauf des Ringwalles bei der Oberflächen-Ansicht. Vgr. 360.

Eig. 2. Weiter vorgeschrittener Embryo in derselben Lage„ wie in Fig. 1. Das Heranwachsen des Ringwalles wird hier veranschaulicht. In Fig. 2a ist die Oberflächen-Ansicht, in Fig. 2b der optische Durchschnitt dargestellt. Vgr. 346.

Eig. 3. Ein noch weiter vorgeschrittener Embryo, noch im Archegonium. Das Präparat wurde durch einen, zur Fläche des Prothalliums senkrechten, mit der Wachthumsaxe desselben jedoch parallelen Schnitt erhalten. Der Embryo zeigt daher eine zu den Figuren 1 und 2 um 90° gedrehte Lage. Um für diese Figur auf Tafel XXXVI noch Platz zu erhalten, musste die Archegoniumaxe und somit auch die Axe der Stammknospe, welche in der Lothlinie zusammen in der Richtung a → a, statt b → b gezeichnet werden. — Vgr. 98.

Tafel XXXVII.

Fiq. 1. **Equisetum arvense**; die übrigen Figuren beziehen sich auf

Equisetum palustre.

Fig. 1. Frei präparirter Embryo von Equisetum arvense in dem Entwickelungszustand, wo er sich anschickt, das Archegonium zu durchbrechen. Vgr. 98.

Fig. 2. Ein der Figur 1 auf Tafel XXXV gleiches Stadium des Embryo von Equisetum palustre, noch im Archegonium. In der oberen Embryohälfte hat keine vollständige Halbirung stattgefunden. Vgr. 360.

Fig. 3. Etwas weiter vorgeschrittener Embryo, jedoch um 90° gegen Fig. 2 gegedreht, also in der Prothalliumfläche paralleler Lage. Der Stammtheil und Fussquadrant sind allein zu sehen. Vgr. 360.

Fig. 4. Ein frei präparirter Embryo in derselben Lage, wie in Figur 3, aber weiter vorgeschritten. Die grossen Zellen des Fusses sind sehr auffallend. Vgr. 270.

Fig. 5. Ein noch weiter entwickelter, frei präparirter Embryo, in derselben Lage. Vgr. 270.

Fig. 6. Ein frei präparirter Embryo in der Lage senkrecht zur Prothalliumfläche. 6a giebt die Oberflächen-Ansicht, 6b den optischen Durchschnitt. Bei der letzteren ist die Vertheilung der Quadranten sehr deutlich Vgr. 270.

Fig. 7. Ein frei präparirter Embryo, etwas weiter vorgeschritten als in der vorhergehenden Figur; von oben gesehen. Die 3seitige Scheitelzelle der Stammknospe sehr deutlich. Vgr. 270.

Beiträge zur Keimungsgeschichte der Schizaeaceen

von

H. Bauke.

(Mit Tafel XXXVIII—XLI.)

Die Veranlassung zu den in Folgendem mitgetheilten Untersuchungen bot hauptsächlich ein unlängst in den „Archives néerlandaises" erschienener Aufsatz von W. Burck über die Entwicklung des Prothalliums von Aneimia.[1]) Der genannte Verfasser hatte die Keimungsgeschichte von Aneimia Phyllitidis, A. fraxinifolia und A. longifolia verfolgt[2]) — oder vielmehr nur von A. Phyllitidis Sw., da die beiden letztgenannten Formen zweifellos Varietäten von dieser Species sind — und war dabei zu folgendem Resultat gelangt.

Es unterscheiden sich nach ihm die Vorkeime bei der erwähnten Art besonders in vier Punkten von denen der übrigen Farne, nämlich:

1) durch die Ausbildung des Vorkeimfadens (filament proembryonnaire),
2) durch die seitliche Lage der Zellfläche in Bezug auf den Vorkeimfaden,
3) durch den besonderen Modus der Entwicklung der Zellfläche,
4) durch die Bildung des „normalen Seitensprosses" (pousse latérale normale).[3])

Was den ersten Punkt anbelangt, so bezeichnet der Verfasser den Unterschied näher dahin, dass bei Aneimia der der Zellfläche vorausgehende Keimfaden sich in der Regel durch Längswände zu einem Zellbande von drei bis vier Zellen Breite erweitert, während

---

[1]) W. Burck, Sur le développement du prothalle des Aneimia, comparé à celui des autres fougères; Archives Néerlandaises, Tome X.

[2]) vgl. l. c. pag. 4 des Separatabdruckes.

[3]) l. c. pag. 20.

derselbe nach seiner Angabe bei den übrigen Farrnkräutern nur ausnahmsweise und zwar allein an der Spitze, eine Breite von zwei Zellen einnehmen soll.[1]) Die übrigen drei Differenzpunkte anbetreffend, geht nach Burck das Wachsthum der Prothallien von Aneimia Phyllitidis folgendermaassen vor sich: An dem Vorkeimfaden, welcher, wie erwähnt, durch Längswände mehrfach in die Breite getheilt ist, kennzeichnet sich eine seitliche Randzelle regelmässig dadurch, dass sie sich schräg nach vorn verlängert.[2]) Die unmittelbar über dieser Zelle befindlichen Marginalzellen beginnen sich lebhaft zu theilen und geben auf diese Weise der Zellfläche des Prothalliums den Ursprung, so dass die letztere also in Bezug auf den Vorkeimfaden seitlich gelegen ist. „Die an der anderen Seite des Fadens befindlichen Zellen haben an der Bildung der Zellfläche durchaus keinen Antheil.“[3]) Jene sich regelmässig in schräger Richtung verlängernde Zelle beginnt bald ebenfalls sich in bestimmter Weise zu theilen und „verhält sich jetzt ganz und gar wie die Zelle an der Spitze eines Sprosses;“ und weil dies regelmässig der Fall ist, ertheilt Burck der Gesammtheit der aus ihr hervorgehenden Zellen den Namen des „normalen Seitensprosses“ (pousse latérale normale).[4]) — Abgesehen von einzelnen Ausnahmefällen, wo der normale Seitenspross einen höheren Grad der Entwicklung erreicht, folgt das Wachsthum desselben Schritt für Schritt dem der Zellfläche, so dass er äusserlich nicht merklich hervortritt.[5]) — Indem ferner mit der Zeit die Theilungen in den Zellen des normalen Seitensprosses immer häufiger werden, entsteht hier eine neue Region von Randzellen;[6]) und da unter diesen die Intensität der Theilung von der Mitte nach den beiden Seiten hin zunimmt, so kommen die in der Mitte befindlichen bald in eine Einbuchtung zu liegen. Schliesslich theilen sich die um die letztere herum gelegenen Zellen durch parallel zur Oberfläche des Prothalliums gerichtete Wände und geben dadurch dem Gewebepolster den Ursprung, auf welchem später die Archegonien entstehen.[7])

[1]) l. c. pag. 7.
[2]) l. c. pag. 8.
[3]) l. c. pag. 9.
[4]) l. c. pag. 10.
[5]) l. c. pag. 11.
[6]) l. c. pag. 13.
[7]) l. c. pag. 14.

Bei Gelegenheit meiner Untersuchungen über das Prothallium der Cyatheaceen und Polypodiaceen hatte ich auch nebenbei Aussaaten mit Sporen von Aneimia Phyllitidis Sw. (A. hirta hort.) und Mohria Caffrorum Desv. (M. thuriiraga) angestellt und über die hierbei erhaltenen Resultate bereits kurz berichtet.[1]) Ich hatte gefunden, dass bei den beiden genannten Farnen wie bei den Polypodiaceen und Cyatheaceen zunächst ein Zellfaden aus der Spore hervorgeht; der letztere erweitert sich bei Aneimia Anfangs durch Marginal- oder Scheitelzellwachsthum, später ausschliesslich durch Marginalwachsthum zu der Fläche des Prothalliums. Als constant abweichend von den Cyatheaceen und Polypodiaceen fand ich bei dem Vorkeim von Aneimia Phyllitidis nur zweierlei: die längliche, vorn abgerundete Gestalt desselben, und dann den Umstand, dass die kleinzellige Marginalzone, welche bei den herzförmigen Prothallien der beiden genannten Familien sich stets im Scheitel vorfindet, hier dagegen zuerst wenigstens immer seitlich gelegen ist.

Um nun die oben ihrem wesentlichen Inhalte nach mitgetheilten, von den meinigen abweichenden Angaben des genannten Verfassers genauer zu prüfen, beschäftigte ich mich seither eingehender mit dem in Frage stehenden Gegenstande. Dabei stellte sich heraus, dass der Vorkeim von Aneimia gegenüber dem der anderen bisher hinsichtlich ihrer Keimungsgeschichte bekannten Farne in der That Unterschiede in der Entwicklung darbietet, welche sich nicht auf die wenigen, früher von mir angegebenen Punkte beschränken; andrerseits ergab sich aber auch mit Sicherheit, dass die Darstellung, welche Burck von der Entwicklung des Vorkeims von Aneimia Phyllitidis gegeben hat, zum grossen Theil von der Wirklichkeit weit abweicht; abgesehen von den vielfachen formalen Unklarheiten, welche die Arbeit dieses Forschers trüben. Ferner erstrecken sich die Angaben Burck's auch nur auf den ersten Abschnitt der Entwicklung dieses Prothalliums und lassen den zweiten ganz unberücksichtigt.

Ausser Aneimia Phyllitidis Sw. zog ich dann noch zwei weitere typische Arten derselben Gattung: A. collina Raddi und A. cheilanthoides Sw. in den Kreis meiner Betrachtung, indem ich hier die

---

[1]) Entwicklungsgeschichte des Prothalliums bei den Cyatheaceen, verglichen mit derselben bei den anderen Farrnkräutern. Jahrb. für wiss. Botanik, Bd. X.

Ausbildung des Vorkeims bis zur Anlegung des Gewebepolsters verfolgte; besonders aber beobachtete ich die Vorkeime von Mohria Caffrorum Desv., von denen mir zur Zeit der Veröffentlichung jener früheren Arbeit nur die ersten Entwicklungsstadien vorgelegen hatten, bis zur Archegonienbildung. Die hier mitgetheilten Untersuchungen werden zeigen, dass die Prothallien der genannten Schizaeaceen einen ganz eigenartigen Entwicklungstypus repräsentiren, innerhalb dessen Mohria und Aneimia wiederum wesentliche Verschiedenheiten aufweisen; in dem Schlussabschnitt werde ich es dann versuchen, die Beziehungen zu ermitteln, welche dieser Typus zu den anderen Farnprothallien erkennen lässt.

Bevor wir uns jedoch der Schilderung der Entwicklungsgeschichte selbst zuwenden, scheint es mir geboten, auf einige Einwände näher einzugehen, welche sich gegen die von Burck in dem erwähnten Aufsatze angewandte Bezeichnung: „normaler Seitenspross" (pousse latérale normale) von vornherein geltend machen.

Der Begriff des Sprosses, resp. Seitensprosses schliesst offenbar eine Individualisirung und theilweise Trennung des so bezeichneten Gebildes von dem Mutterorgan ein. Burck dagegen gebraucht, wie aus dem oben Angeführten erhellt, diesen Ausdruck für einen integrirenden Theil des Prothalliums, welcher sich im Allgemeinen von der übrigen Zellfläche äusserlich nicht abhebt, vielmehr sowohl in Richtung der Fläche, als auch des Randes unmerklich in den Rest der Vorkeimfläche übergeht.

Zu dieser Verwechslung liess sich Burck, wie aus seiner Darstellung ersichtlich ist, durch einen doppelten Irrthum verleiten. Erstens giebt er an, dass die Marginalzelle, aus welcher das die Archegonien tragende Gewebepolster hervorgeht, sich wie die Zelle an der Spitze eines Sprosses verhalte; daraus folgert er dann weiter, dass von jener Marginalzelle wirklich ein Spross erzeugt werde. „Elle (la cellule, dont il est question) se comporte maintenant tout-à-fait comme la cellule du sommet d'une pousse, à laquelle je donnerai, vu qu'elle se montre dans chaque prothalle et toujours à la même place par rapport au proembryon filamenteux, le nom de pousse latérale normale, afin de la distinguer de toutes les autres pousses latérales, dont il sera parlé ci-dessous." [1])

[1]) l. c. pag. 10.

Daraus, dass jene Zelle sich wie die Zelle an der Spitze eines Sprosses verhält, folgt doch noch nicht, dass ein solcher Spross hier wirklich vorhanden ist! Welchem Spross giebt Burck also den Namen des normalen Seitensprosses? Um zu dieser Bezeichnung zu gelangen, bedurfte es, wie man sieht, einer nicht zu rechtfertigenden Schlussfolgerung. Abgesehen davon können sich aber die Zellen an der Spitze eines Sprosses sehr verschieden verhalten, wie ich für die Prothallien der Polypodiaceen und Cyatheaceen gezeigt habe;[1]) es ist daher damit, dass eine Zelle sich wie die an der Spitze eines Sprosses verhält, nichts Bestimmtes von ihr ausgesagt.

Der andere Irrthum besteht darin, dass Burck zuweilen den Fall anzutreffen glaubte, wo aus der erwähnten Marginalzelle sich ein eigentlicher Seitenspross entwickelt hatte.[2]) Ich habe, um unsere Betrachtung zu erleichtern, zwei derartige Fälle, welche Burck abgebildet hat, copirt; es sind dies die Figuren 6 und 7 auf Tafel XLI (bei Burck Fig. 12 auf Taf. I und Fig. 13 auf Taf. II). Der „normale Seitenspross" ist in beiden Fällen mit *a* bezeichnet. Burck nimmt also zunächst an, dass das mit *a* bezeichnete Stück des Prothalliums ein Seitenspross ist. Schon diese Annahme erscheint als nicht berechtigt. Denn in dem einen Falle, auf welchen Burck, wie wir sehen werden, ganz besonderes Gewicht legt (Taf. XLI Fig. 7), unterscheidet sich das Stück *a* in nichts von einem gewöhnlichen Lappen des Prothalliums; in beiden Fällen fehlt ihm aber die wesentliche Eigenschaft eines Sprosses, nämlich die selbstständige Entwicklung dem Mutterorgan gegenüber. Weiter giebt Burck an, dass das mit *a* bezeichnete Stück sich aus der erwähnten, durch ihre Verlängerung und Theilungsweise charakteristischen Marginalzelle entwickelt habe und deshalb das morphologische Analogon des von ihm in unrichtiger Weise mit pousse latérale normale bezeichneten integrirenden Prothalliumstückes sei. Aus den betreffenden Figuren selbst folgt jedoch eine derartige Abstammung nicht; am wenigsten ist die letztere aber darzuthun für das Beispiel, auf welches der genannte Verfasser, wie schon erwähnt, ein ganz besonderes Gewicht legt (Taf. XLI Fig. 7). Hier ist nämlich ein in der Ent-

[1]) l. c. pag. 98 ff.
[2]) l. c. p. 10, 11.

wicklung bereits weit vorgeschrittener, unregelmässig gelappter Vorkeim dargestellt, der von dem normalen Wachsthumstypus der Aneimiaprothallien nicht viel erkennen lässt und ebensogut einer Polypodiacee angehören könnte. Auch beweist die abweichende Vertheilung der Antheridien auf demselben, dass hier ein männlicher Vorkeim vorliegt. Die männlichen Vorkeime lassen aber nicht nur bei den Polypodiaceen und Cyatheaceen in ihrer Entwicklung im Allgemeinen keine Regel erkennen,[1]) sondern dasselbe ist nach Burck's eigener Angabe, die ich durchaus bestätigen kann, auch bei Aneimia der Fall.[2]) Schon aus diesem Grunde war es also eine gewagte Sache, von einem derartigen Vorkeim, wie der in Rede stehende, Schlüsse auf den normalen Entwicklungstypus zu ziehen. Burck geht aber in seinen Folgerungen noch weiter. Während an jenem Prothallium (man vergleiche die Figur) im Allgemeinen keine Antheridien zu finden waren, war jedoch der von Burck als normaler Seitenspross gedeutete Lappen dicht mit solchen besetzt. Diese Thatsache kann nicht als etwas Auffallendes angesehen werden, da die Vertheilung der Antheridien an männlichen Vorkeimen absolut regellos ist. Trotzdem erklärt Burck mit Bezug auf eben dieses Prothallium: „En réalité, la pousse latérale normale semblait donc avoir acquis ici une signification plus haute.“[3]) Da die pousse latérale normale für gewöhnlich die Archegonien erzeugt, so scheint Burck also die männlichen Organe über die weiblichen zu stellen, worüber sich allerdings streiten lässt.

Das Ergebniss unserer Betrachtung ist also, dass nicht nur der Ausdruck: „normaler Seitenspross“ in dem von Burck gebrauchten Sinne nicht anwendbar ist, sondern dass auch die Figuren, auf welche sich der genannte Forscher hierbei stützt, der nöthigen Beweiskraft für diesen Punkt ermangeln.

Noch eine Frage von mehr allgemeiner Bedeutung will ich hier berühren. Das Prothallium der Farne stellt im Allgemeinen eine einfache Zellfläche dar, welche nur dort, wo die Archegonien erzeugt werden sollen, durch Theilungen parallel zur Oberfläche mehrschichtig

[1]) Bauke, l. c. pag. 97.
[2]) Burck, l. c. pag. 15.
[3]) l. c. pag. 12.

wird. Wir haben hier also ein sehr einfach organisirtes Gebilde, und demgemäss ist zu erwarten, dass auch die Unterschiede, welche sich zwischen den Vorkeimen verschiedener Farne oder Farnfamilien zeigen, relativ einfacher Natur sind. Darum darf man aber diese Unterschiede nicht unterschätzen; zumal solche Merkmale, welche sich für die grosse Mehrzahl der Glieder eines Formenkreises als constant erweisen, sind als typisch für diesen letzteren zu betrachten, wenn sich auch vereinzelte Fälle innerhalb desselben finden, bei denen die Entwicklung des Vorkeimes in wesentlich anderer Weise verläuft. So ist z. B. das Wachsthum des Prothalliums mit einer keilförmig zugeschärften Scheitelzelle und die damit zusammenhängende herzförmige Gestalt desselben, sowie verschiedene andere Merkmale als typisch für die Polypodiaceen zu betrachten; und Fälle, wie sie Ceratopteris thalictroides[1]) und Gymnogramme leptophylla[2]) darstellen, können daran nichts ändern, weil sie nach der Zahl der überhaupt auf das Prothallium hin untersuchten Polypodiaceen zu urtheilen, ganz vereinzelt dastehen. Speciell bei Gymnogramme leptophylla weicht, wie Goebel kürzlich gezeigt hat, die Entwicklung des Vorkeims von der aller übrigen bekannten Farnvorkeime wesentlich ab und ist daher gewiss von besonderem Interesse; hervorzuheben ist hier vor Allem die charakteristische Verzweigung desselben und die eigenthümliche Ausbildung eines solchen Zweiges als Fruchtspross; indess spricht schon die von Goebel selbst angeführte Thatsache[3]), dass die Prothallien von Gymnogramme chrysophylla ihre Archegonien ganz wie es gewöhnlich bei den Polypodiaceen der Fall ist, an der Unterseite eines Zellpolsters erzeugen, dafür, dass die Abweichungen, welche der Vorkeim von Gymnogramme leptophylla zeigt, wenn auch nicht bei dieser Species allein, so doch nur noch

---

[1]) Kny, die Entwicklung der Parkeriaceen, dargestellt an Ceratopteris thalictroides Brong. 1874. Auch wenn man mit Kny die Gattung Ceratopteris von den Polypodiaceen abgetrennt wissen will und dieselbe als Repräsentanten einer eigenen Familie gelten lässt, so scheint es doch nicht gut möglich zu sein, an einer einzigen Species die Entwicklung einer ganzen Familie darzustellen; besonders wenn, wie im vorliegenden Falle, die Entwicklung der anderen, zu derselben Familie gehörenden Arten oder Art ganz unbekannt ist.

[2]) Entwicklungsgeschichte des Prothalliums von Gymnogramme leptophylla Desv. von Dr. Karl Goebel. Bot. Zeitg. 1877.

[3]) l. c. pag. 702.

bei einigen anderen, ihr nahe verwandten Arten sich vorfinden. In wieweit jene Abweichungen sich aber auf Anpassung zurückführen lassen und inwieweit dies nicht der Fall ist, kann dabei kaum von wesentlicher Bedeutuug erscheinen. Denn die vielen Polypodiaceen (und Cyatheaceen) bei denen die Prothallien sonst noch bekannt sind, leben unter den verschiedensten äusseren Verhältnissen, und trotzdem geht die normale Entwicklung des Vorkeims bei allen in der nämlichen Weise vor sich. Wenn dem gegenüber der letztere bei Gymnogramme leptophylla sich in so auffallender Weise an die speciellen Vegetationsbedingungen dieser Pflanze angepasst zeigt[1]), so ist anzunehmen, dass hier eine ganz besondere Neigung zu individueller Variation vorgelegen hat. Dies zugegeben, erscheint aber auch die Entstehung solcher Eigenschaften, welche sich nicht direct aus der Anpassung an bestimmte äussere Verhältnisse erklären lassen, wie vor Allem der eigenthümlichen Verzweigung, nicht besonders auffallend. Welche Bewandtniss es dagegen mit der bei älteren Prothallien von Osmundaceen auftretenden Verzweigung hat[2]), ist eine andere Frage. Denn zunächst nähert sich der Vorkeim bei dieser Familie in Bau und Wachsthumsweise auffallend dem Thallus gewisser frondoser Lebermoose. Sodann zeigt die Entwicklung des Vorkeims, soweit bis jetzt bekannt, innerhalb dieser Familie keine wesentlichen Verschiedenheiten. Endlich aber ist in Erwägung zu ziehen, dass die Osmundaceen, worauf schon Sachs nachdrücklich hingewiesen hat[3]), von den übrigen Farnen abzutrennen sind; besonders seitdem de Bary kürzlich gezeigt hat, dass Osmunda und Todea in Bezug auf den Verlauf und die Anordnung der Gefässbündel einen eigenen Typus darstellen, welcher von dem der übrigen Farne ganz verschieden ist.[4])

Um noch ein Beispiel dafür anzuführen, dass bei Farnprothallien Merkmale sehr einfacher Natur dennoch typische Bedeutung haben können, nenne ich die Gestalt der Haarwurzeln und ihre ausschliesslich auf den Rand beschränkte Insertion bei den Vorkeimen von

---

[1]) l. c. pag. 703,

[2]) l. c. pag. 705 f.

[3]) Lehrbuch, IV. Auflage.

[4]) Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. 1877. pag. 290/91.

Hymenophyllum, soweit letztere durch die Beobachtungen Janczewski's und Rostafiński's bekannt sind. Dass bei den Polypodiaceen Aehnliches vorkommt, kann dabei nicht in Betracht kommen, da bei so einfach organisirten Gebilden wie die Polypodiaceen- und Hymenophyllaceenprothallien, wie schon bemerkt, auch die Unterschiede im Allgemeinen nicht gross sein können.[1])

Aber nicht nur constante Merkmale verdienen beachtet zu werden; sondern auch solche Eigenschaften, welche bei den Prothallien einer Art oder eines grösseren Formenkreises unabhängig von äusseren Bedingungen in ganz besonderer Häufigkeit wiederkehren, sind in Hinsicht auf die Descendenz von Interesse: entweder bekunden sie das Hinneigen der individuellen Variation nach dieser Richtung, also die Vorbereitung einer constanten Eigenschaft, oder sie sind als der Ueberrest einer solchen aufzufassen. So verhält es sich z. B. mit der Erscheinung, dass bei Mohria und Aneimia in dem unmittelbar aus der Spore hervorgehenden Zellfaden sich meist eine ganze Anzahl von Gliederzellen zugleich mit der Endzelle oder früher als diese durch Längswände theilt; so verhält es sich ferner mit der den Farnprothallien im Allgemeinen innewohnenden Hinneigung zur Dioecie. Denn gegen die Annahme, dass die männlichen Vorkeime nichts weiter sind als eine durch ungünstige äussere Bedingungen hervorgebrachte Abnormität, sprechen verschiedene Thatsachen.

Anders verhält es sich dagegen da, wo überhaupt keine Regel erkennbar ist. Während z. B. bei den Polypodiaceen die Archegonien tragenden Vorkeime sich typisch aus einem unverzweigten Zellfaden entwickeln, eine Zeit lang eine keilförmig zugeschärfte Scheitelzelle besitzen und herzförmige Gestalt annehmen, zeigen dagegen, wie schon hervorgehoben, die männlichen Vorkeime in Bezug auf Gestalt und Entwicklungsweise die grösste Unregelmässigkeit. Unter diesen Umständen haben natürlich die hier auftretenden Unterschiede keinen besonderen morphologischen Werth, und eine Aufzählung derselben ist eine unnütze Mühe. Dies wurde bisher nicht immer genügend berücksichtigt, und darunter musste natürlich die Darstellung der normalen Entwicklung des Prothalliums leiden. Ganz besonders hervorzuheben ist in dieser Hinsicht der Aufsatz von

[1]) Vergl. dagegen Göbel, l. c. pag. 672.

Dr. Rasmus Pedersen: „Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Vorkeims der Polypodiaceen“ (Schenk und Lürssen, Mittheilungen etc., Bd. II, Heft 1), auf welchen ich daher hier noch etwas näher eingehe.

Eingeleitet wird die in Rede stehende Arbeit durch eine historische Bemerkung, auf welche dann mehrere Citate von Hofmeister und Kny über die Entstehung der Zellfläche aus dem primären Zellfaden bei dem Prothallium der Farne folgen. Diese Citate nehmen fast ein Drittel des Raumes der ganzen Abhandlung ein. Pedersen ist überrascht, dass die Angaben der genannten Verfasser für die Polypodiaceen nicht mit einander übereinstimmen. Zu dieser Ueberraschung war aber gar kein Grund vorhanden. Denn Kny kannte nicht nur die Hofmeisterschen Angaben zur Genüge, wie aus seinen Citaten hervorgeht, sondern untersuchte auch augenscheinlich die Prothallien einer viel grösseren Anzahl von Polypodiaceen[1]); ausserdem war bereits durch Strasburger und andere Forscher die Unrichtigkeit vieler Einzelheiten in der Darstellung, welche Hofmeister von dem Prothallium der Farne mit den Antheridien und Archegonien gegeben habe, erwiesen worden. Dabei beruhigt sich Pedersen jedoch nicht, bemerkt vielmehr[2]): „Eine wiederholte Untersuchung des Entwicklungsvorganges der Vorkeime der Farne schien desshalb nicht ohne Interesse, und theile ich im Folgenden die Entwicklung des Vorkeimes von Aspidium filix mas mit.“ Soll etwa die Untersuchung des Prothalliums bei diesem einen Farrenkraut über die Richtigkeit der von Kny über eine so grosse Reihe von Polypodiaceenvorkeimen mitgetheilten Daten entscheiden, zumal der letztgenannte Forscher gar nicht angiebt, diese Species untersucht zu haben? Ueberdies fragt man sich bei der Lectüre des Pedersen'schen Aufsatzes vergebens, was für ein besonderes Interesse gerade der Uebergang aus dem Keimfaden zur Zellfläche beim Polypodiaceenprothallium darbietet, auf welchen hier das Hauptgewicht gelegt wird.

---

[1]) Hofmeister spricht nur von Pteris, Gymnogramme und Asplenium; die von Kny in Bezug auf die Wachsthumsweise des Vorkeims untersuchten Polypodiaceen gehören dagegen acht verschiedenen Gattungen an (Jahrbücher f. wiss. Botanik, VIII, p. 13).

[2]) Pedersen, l. c., pag. 134.

Nachdem der Leser auf diese jedenfalls etwas gezwungene Weise auf die Vorkeimentwicklung von Aspidium filix mas gebracht ist beginnen die selbstständigen Untersuchungen des Verfassers. Hier ist nun, wie schon erwähnt, der Unterschied zwischen den normalen Prothallien und den ganz unregelmässig gestalteten männlichen Vorkeimen durchaus vernachlässigt. Es sind besonders die letzteren, bei denen Pedersen Gestalt und Verlauf der Theilungswände (übrigens ohne irgend welche Berücksichtigung der gegenseitigen Beziehungen rdiese beiden Factoren) zu beschreiben sucht. So führt er z. B. als ein werthvolles Ergebniss an: „Bis jetzt wurde die Verzweigung der Vorkeimzellreihe als eine Eigenthümlichkeit der Hymenophyllaceen betrachtet, welche bei anderen Farngruppen fehlt. Wie ich nun gezeigt habe, kann dasselbe, wenn auch nicht immer, bei Aspidium Filix mas stattfinden.“ [1]) Pedersen hätte noch viele Culturen mit Sporen desselben Farrenkrautes anstellen können und hätte da immer Neues gefunden, denn die männlichen Prothallien bieten eine wahre Fundgrube von verschiedenen Formen und Theilungsweisen. Eben desshalb aber fragt man sich vergeblich, worin der Werth solcher Bemühungen liegt. —

Zu der Entwicklung des Vorkeims bei den Schizaeaceen, speciell bei Anemia und Mohria nunmehr übergehend, beginne ich mit einigen Bemerkungen über den

Bau der Sporen.

Sämmtliche von mir untersuchte Schizaeaceensporen [2]) sind tetraëdrisch gebaut und besitzen dem entsprechend im Scheitel drei Leisten, in deren Mittellinien, wie gewöhnlich, das Aufreissen bei der Keimung erfolgt. Was speciell Anemia und Mohria anbelangt, so ist das Exospor bei Anemia cheilanthoides Sw. und A. tomentosa Moore, sowie bei Mohria Caffrorum Desv. (M. thurifraga), der einzigen bekannten Repräsentantin dieser Gattung, braun gefärbt und von beträchtlicher Dicke; dagegen erscheint es bei Anemia Phyllitidis Sw. mit ihren Varietäten (longifolia, fraxinifolia etc.), ferner bei A. hirta

[1]) l. c. pag. 136.

[2]) Das Untersuchungsmaterial verdanke ich grösstentheils der Güte des Herrn Dr. Kuhn.

Sw. und A. collina Raddi hyalin oder bräunlich und ist dem entsprechend hier dünner, so dass die im Inneren angehäuften Oeltropfen durchschimmern (Taf. XXXVIII, Fig. 4, 7).

Charakteristisch ist nun für Aneimia wie für Mohria, dass ausser den drei Scheitelleisten stets noch ein System von weiteren Leisten auf den Sporen vorhanden ist, welche Leisten, unter sich parallel, im Wesentlichen der tetraëdrisch abgerundeten Gestalt der Spore angeschmiegt sind und dabei in den Kanten der letzteren meist anastomosiren.[1]) Sämmtliche Leisten (auch die am Scheitel) sind bei Aneimia Phyllitidis, hirta und collina mit graden oder schwach gekrümmten, schmalen Zäpfchen besetzt (Taf. XXXVIII, Fig. 4a, b, c und Fig. 7); bei der letztgenannten Species sind diese Zäpfchen jedoch kürzer und relativ dicker als besonders bei der erstgenannten. Ausser durch diese Zäpfchen unterscheiden sich die drei erwähnten Arten von den anderen, von mir untersuchten durch die relative Schmalheit der Leisten und die relativ bedeutende Breite der Zwischenräume zwischen den letzteren.

Die Sporen von Aneimia tomentosa zeichnen sich dadurch aus, dass bei ihnen die drei von den apicalen Leisten herablaufenden Kanten unregelmässig wulstförmig verdickt sind (Taf. XXXVIII, Fig. 6a, b); auch treten die apicalen Leisten selbst hier besonders scharf hervor. Die übrigen Leisten sind dagegen im Verhältniss breit und niedrig und lassen im Allgemeinen nur schmale Zwischenräume zwischen sich; auch zeigen sie einen relativ regelmässigen Verlauf und regelmässige Anastomose. Bei stärkerer Vergrösserung erscheinen sie gekörnelt und allenthalben mit winzigen, farblosen Zäpfchen besetzt, welche vielleicht eine Rudimentärbildung der bei Aneimia Phyllitidis etc. vorhandenen Skulptur darstellen.

Bei Aneimia cheilanthoides und Mohria Caffrorum sind die Leisten nackt und auch die wulstigen Verdickungen in den Kanten fehlen. Die Sporen haben hier also eine ähnliche Struktur wie bei Ceratopteris thalictroides.[2]) Während jedoch bei dieser Species die Gegend der drei Scheitelleisten frei von weiteren leistenförmigen Verdickungen ist, finden sich solche bei Aneimia cheilanthoides und

[1]) Vergl. auch Mohl: Vermischte Schriften botan. Inhalts 1845; pag. 70.

[2]) Vergl. Kny: Die Entwicklung der Parkeriaceen, dargestellt etc. Taf. I, Fig. 1, 2.

Mohria Caffrorum stets zwischen den ersteren und stehen meist mit jenen in directer Verbindung (Taf. XXXVIII, Fig. 5a). Ferner sind die Leisten bei Ceratopteris schmaler und durch viel breitere Zwischenräume von einander getrennt als bei den beiden letztgenannten Farnen (ibid. Fig. 8a, 9, 10). Auch hinsichtlich der Grösse zeigt sich ein bemerkenswerther Unterschied: denn die Sporen von Mohria Caffrorum sind im Durchschnitt etwa um ein Drittel kleiner als die von Ceratopteris, die Sporen von Aneimia cheilanthoides sind aber noch beträchtlich kleiner als die der erstgenannten Art.

An den Sporen von Mohria Caffrorum (Taf. XXXVIII, Fig. 5a, b; 9) zeigen die Leisten oft einen relativ unregelmässigen Verlauf und unregelmässige Anastomose; sie sind dabei im Allgemeinen schwach hin und her gewunden und am Rande fein ausgezackt; in der Mitte bemerkt man constant ein helles Band, welches einer beträchtlichen Verdünnung des Exospors an dieser Stelle entspricht. Bei Aneimia cheilanthoides zeigt dagegen Verlauf und Verschmelzen der Leisten grosse Regelmässigkeit. Sowohl hierin, als auch in Bezug auf die weitere Beschaffenheit der letzteren, die geringe Breite der Zwischenräume zwischen ihnen etc., zeigen die Sporen hier eine grosse Aehnlichkeit mit denen von Aneimia tomentosa. Bei A. cheilanthoides sind die Leisten dabei noch deutlicher gekörnelt als bei der letztgenannten Art. Mit starken Objectiven betrachtet erweist sich diese Körnelung als eine eigenthümliche Structur der gesammten Leistenoberfläche. Auf dunklem Grunde heben sich winzige, unregelnässig umgrenzte, hyaline Felderchen ab (Taf. XXXVIII, Fig. 8). Es scheinen dies kleine Wärzchen zu sein.

Während so das Exosporium bei Aneimia und Mohria einen im Wesentlichen übereinstimmenden Bau zeigt, fehlen dagegen den Sporen der darauf hin von mir untersuchten Schizaea und Lygodiumarten die für jene charakteristischen Leisten durchaus. Trotzdem ist doch die Uebereinstimmung in Bezug auf das Vorhandensein der letzteren bei den beiden erstgenannten Gattungen, welche habituell so verschieden sind und bisher nur wegen der gleichen Beschaffenheit des Sporangiums neben einander gestellt wurden, gewiss nicht ohne Bedeutung in Hinsicht auf das gegenseitige Verwandschaftsverhältniss derselben. An eingehenden, vergleichenden Untersuchungen über den Bau der Farnsporen mit Beziehung auf die Systematik fehlt

es bis jetzt noch; dass wir hier aber ein Moment vor uns haben, welches für die letztere z. Th. nicht ohne Bedeutung ist, dafür spricht ganz besonders die Thatsache, dass die Sporen der Osmundaceen (Osmunda und Todea) trotz der sehr beträchtlichen habituellen Verschiedenheiten, welche innerhalb dieser Familie zu Tage treten, eine so auffallende Uebereinstimmung in ihrem Bau und den dadurch bedingten Keimungsverhältnissen zeigen;[1]) auch die darauf hin von mir untersuchten Species aus derjenigen Abtheilung der Gattung Todea, welche der Zartheit ihrer Blätter halber Leptopteris genannt worden ist, machen in dieser Hinsicht keine Ausnahme. —

Entwicklung des Vorkeims mit den Sexualorganen.

Die Keimung der Spore erfolgt bei Aneimia und Mohria wie bei den Polypodiaceen und Cyatheaceen.[2]) Es entsteht zunächst ein Zellfaden, dessen ganze Länge sowohl, wie die seiner Zellen variirt und zumeist von äusserlichen Umständen abhängt, wie z. B. ob die Sporen bei der Keimung innerhalb des Sporangiums zusammengedrängt waren, oder ob sie sich frei dem Lichte ausgesetzt fanden. Burck giebt nun, wie schon erwähnt, an, dass die Prothallien von Aneimia sich von denen der anderen Farne dadurch unterscheiden, dass bei ihnen die Zellen jenes Fadens sich regelmässig durch mehrere Längswände theilen, während derselbe sonst nur ausnahmsweise, nnd zwar nur an der Spitze, eine Breite von zwei Zellen einnehmen soll.[3]) Diese Unterscheidung erweist sich indess nicht als gerechtfertigt; denn auch bei den Prothalfien der Polypodiaceen und Cyatheaceen, besonders aber bei den letzteren, herrscht die Regel, dass ausser der Endzelle des Fadens noch die ihr zunächst befindlichen Gliederzellen sich mit der Zeit durch Längs- und darauf folgende Querwände theilen und so an der Bildung der Zellfläche theilnehmen.[4]) Dagegen ist als eine Erscheinung, welche sich zwar nicht als constant erweist, aber doch wegen ihrer häufigen Wiederkehr charakteristisch ist, hervorzu-

[1]) Vergl. Kny in Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VIII. (Osmunda regalis); Lürssen in Schenk und L., Mittheilungen etc. Band I. (Todea barbara).

[2]) Bauke, Entwicklungsgeschichte des Prothalliums bei den Cyatheaceen etc. pag. 60.

[3]) Burck, l. c. pag. 7.

[4]) Bauke, l. c. pag. 62.

heben, dass diese Längstheilungen in den Zellen des Keimfadens bei Aneimia gleichzeitig mit der in der Endzelle auftretenden Längswänden oder schon früher erfolgen, während sie bei den Polypodiaceen im Allgemeinen später auftreten.

Die Endzelle des Keimfadens zerfällt durch eine Wand, welche meist schief, nicht selten aber auch in der Längsrichtung verläuft, in zwei Tochterzellen (Taf. XXXVIII, Fig. 12, 15 etc.). Diese zeigen ein verschiedenes Verhalten. In der einen (in den meisten bez. Figuren mit A bezeichnet) folgen zunächst in der Regel mehrere zur ersten senkrechte Wände; hierauf tritt Marginalwachsthum ein, wobei im Allgemeinen anti- und pericline Wände[1]) mit einander abwechseln. Das Marginalwachsthum ist auch insofern hier gleichmässig, als im Wesentlichen Theilung und Ausdehnung in den Zellen gleichen Schritt halten (Taf. XXXVIII, Fig. 11, 1, 13).

In der anderen, meist grösseren Hälfte der Keimfadenendzelle (in einem Theil der Figuren mit B bezeichnet) treten zunächst entweder abwechselnd nach rechts und links geneigte Wände auf, sodass diese Hälfte sich dadurch als keilförmig zugeschärfte Scheitelzelle documentirt. Dieser Fall kommt ganz besonders deutlich und häufig bei Mohria vor (Taf. XXXVIII, Fig. 16, 17). Soweit stimmt also die Entwicklung des Vorkeims hier mit der bei dem typischen Polypodiaceen- und Cyatheaceenprothallium überein, wo auch die eine, in der Regel grössere Hälfte der Endzelle des Keimfadens zur keilförmigen Scheitelzelle wird, während die andere sich hier ebenfalls zunächst durch mehrere zur Halbirungswand der Endzelle senkrechte Wände theilt.[2]) Bei den von mir untersuchten Aneimiarten ist es dagegen die Regel, dass auf die erste Querwand in der mit B bezeichneten Endzellhälfte nach oben zu eine oder mehrere mit dieser ersten parallele Wände folgen (Taf. XXXVIII, Fig. 1, 2, 11, 13). Dieser Fall ist auch bei Mohria häufig (z. B. ibid. Fig. 15). —

Die Segmentirung der keilförmigen Scheitelzelle erlischt, wo eine

---

[1]) Vgl. Sachs: Ueber die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzentheilen. Würzburg, 1877, pag. 11.

[2]) Da nichts hindert, die erste, in der grösseren Endzellhälfte des Keimfadens nach unten abgeschiedene Zelle bereits als erstes Segment der Scheitelzelle zu betrachten, so ist nicht anzunehmen, dass die letztere erst durch die erste Theilung in jener Endzellhälfte entsteht, wie ich l. c. pag. 61 angegeben habe.

solche zu erkennen ist, frühzeitig; ich bemerkte nur in einem Falle, dass mehr als drei Segmente abgegliedert waren. —

Die durch die erste Querwand in der Endzellhälfte B nach hinten abgeschiedene Zelle (das erste Segment der keilförmigen Scheitelzelle) verhält sich eigenthümlich. Nachdem in der Regel eine pericline Wand in derselben aufgetreten und auf diese in der äusseren der so entstandenen beiden Tochterzellen eine anticline Wand gefolgt ist (Taf. XXXVIII, Fig. 1, 2, 3, 11, 13), wölbt sich die vorderste der durch die letztere getrennten beiden Marginalzellen am Rande nach vorn vor, ohne dabei merklich nach aussen hervorzutreten. Der vorgewölbte Theil wird darauf dadurch, dass er sich von dem dahinter befindlichen durch eine anticline Membran abgegrenzt, zu einer charakteristisch gestalteten Randzelle; und diese Randzelle (in sämmtlichen bez. Figuren mit *α* bezeichnet) wächst nun parallel mit dem Rande des Vorkeims nach vorn weiter und gliedert sich dabei fortlaufend durch Querwände, giebt also einer Zellreihe den Ursprung, als deren Scheitelzelle sie fungirt (Taf. XXXVIII, Fig. 1, 2, 3, 13; Taf. XXXIX, Fig. 1, 3). Aus dieser seitlichen Zellreihe geht, wie weiter unten gezeigt werden wird, die Scheitelkante des Archegonien tragenden Gewebepolsters hervor.

Zuweilen grenzt sich die Zelle *α* auch sofort in der untersten Tochterzelle der Hälfte B der Keimfadenendzelle ab, ohne ein vorheriges Auftreten von jener periclinen und darauf folgenden anticlinen Wand (Taf. XXXIX, Fig. 2).

Insofern die mit *α* bezeichnete Zelle sich am Rande des Vorkeims befindet und die Scheitelzelle der hinter ihr liegenden Zellreihe darstellt, stimmt der hier vorliegende Wachsthumsmodus mit dem gewöhnlichen Marginalwachsthum überein, denn auch bei dem letzteren sind die Marginalzellen als Scheitelzellen der von ihnen nach innen zu abgeschiedenen Zellreihen aufzufassen;[1]) während aber das gewöhnliche Marginalwachsthum in der Richtung senkrecht zum Rande fortschreitet, ist das Wachsthum im vorliegenden Falle mit demselben parallel gerichtet.

Die Feststellung dieses eigenthümlichen Wachsthumsmodus ist durch den Umstand erleichtert, dass, wie sogleich näher erörtert

[1]) Vgl. auch Nägeli uud Schwendener: Das Mikroskop, II. Auflage, pag. 560.

werden wird, die rings angrenzende Parthie des Vorkeims, besonders die unmittelbar oberhalb der Zelle *a* befindliche Randzone, sich im Ganzen nur sehr wenig ausdehnt, so dass dadurch der ursprüngliche Verlauf der Theilungswände erkennbar bleibt. Dass die mit *a* bezeichnete Zelle in der That im Allgemeinen die jüngste Zelle in der Reihe ist, dafür spricht ihr auffallend reicher Gehalt an Protoplasma, der grosse Zellkern, die besondere Zartheit ihrer hinteren, zum Rande des Vorkeims stets senkrechten Wand und endlich ihre geringe Grösse im Verhältniss zu den anderen Zellen der Reihe. Indess treten auch nicht selten schon frühzeitig intercalare Querwände in der letzteren auf.

Die genetische Beziehung der Zelle *a* zur Endzelle des Keimfadens ist dagegen im Allgemeinen nicht so leicht zu ermitteln, weil die Grenzen zwischen den vordersten Zellen des Keimfadens meist frühzeitig durch lebhafte Theilung und beträchtliche Streckung der Theilzellen undeutlich werden. Die vergleichende Betrachtung einer grösseren Anzahl in einem geeigneten Entwicklungsstadium befindlicher Vorkeime lässt aber keinen Zweifel darüber, dass bei Aneimia Phyllitidis und cheilanthoides die Zelle *a* aus der Endzelle des Keimfadens regelmässig in der oben beschriebenen Weise hervorgeht. Auch bei Aneimia collina war oft deutlich dieselbe Entstehungsweise zu erkennen (vgl. z. B. Taf. XXXVIII, Fig. 13, 2); indess hatte es hier auch nicht selten den Anschein, als ob nicht die unterste, sondern eine weiter nach oben zu befindliche Tochterzelle der Endzellhälfte B, der Zelle *a* den Ursprung gegeben habe. Ueberhaupt war bei den von mir beobachteten Vorkeimen dieser Species in Folge frühzeitigen, sehr beträchtlichen Breitenwachsthums der Gliederzellen des Keimfadens die sichere Feststellung des in Frage stehenden Punktes meist unmöglich (Taf. XL, Fig. 6).

Auch bei den Vorkeimen von Mohria Caffrorum tritt die seitliche Zellreihe constant auf; dieselbe scheint sich im Allgemeinen auch hier in derselben Weise wie bei Aneimia Phyllitidis aus der Endzelle des Keimfadens zu entwickeln; jedoch verläuft die Entwickelung bei Mohria in diesem Punkte nicht so typisch als bei jener Gattung. —

Wie aus den im Eingange mitgetheilten Resultaten des Burck-schen Aufsatzes ersichtlich ist, hat der genannte Verfasser bereits

die Existenz der Zelle *a* und den Wachsthumsmodus derselben bei Ancimia Phyllitidis im Wesentlichen erkannt. Was dagegen den Ursprung der Zelle *a* anbetrifft, giebt Burck irrthümlicherweise an, dass die Mutterzelle derselben immer aus einer Gliederzelle des Keimfadens durch Längstheilung hervorgehe[1]) — eine Annahme, gegen welche schon die von dem genannten Forscher selbst abgebildeten jungen Vorkeime sprechen. Ueberhaupt lassen die letzteren die Eigenartigkeit der Entwicklung nicht hervortreten und ebensowenig gewährt Burck's Darstellung hier das nöthige Verständniss; wozu die bereits oben kritisirte irrthümliche Bezeichnung (pousse latérale normale)das Ihrige beiträgt. Die sonstigen Angaben Burck's über die Entwicklung der Zellfläche des Vorkeims entsprechen, wie sich weiterhin zeigen wird, nicht entfernt der Wirklichkeit.[2])

Ausbildung der Zellfläche des Vorkeims. — Wie schon erwähnt, folgen bei Anemia in der mit B bezeichneten Hälfte der Keimfadenendzelle auf die erste Querwand in der Regel zunächst noch eine oder zwei, seltener mehr Querwände. Die dadurch entstandenen Zellen werden zu Zellcomplexen mit Marginalwachsthum. Die Randzellen dehnen sich hier aber nicht in gleichem Verhältniss aus, als sie sich theilen, und werden daher kleiner. Je geringer aber die Grösse der Zellen des Vorkeims ist, um so beträchtlicher ist im Allgemeinen der relative Gehalt an Protoplasma. Dabei gilt im vorliegenden Fall als Regel, dass die Grösse der Randzellen um so bedeutender ist, je weiter sie von der mit *a* bezeichneten Zelle entfernt sind. In der Regel hält das Wachsthum der letzteren und der über ihr befindlichen Marginalzellen in der Weise gleichen Schritt, dass die Zelle *a* sich fortdauernd unterhalb

[1]) l. c. pag. 7.

[2]) In den Sitzungsberichten der Gesellsch. naturforschender Freunde zu Berlin vom Novbr. 1868 (abgedruckt in der Bot. Zeitg. 1869) giebt Kny an, dass bei Anemia hirta die Zellfläche des Vorkeims von Anfang an ausgesprochenes Marginalwachsthum zeige. Diese Angabe ist, wie aus der oben gegebenen Darstellung hervorgeht, ungenau. Der eigenthümliche Entwicklungsmodus des Prothalliums bei der genannten Art ist dabei ganz übersehen. Später wiederholt der genannte Forscher dieselbe Angabe in seiner Arbeit über die Entwicklung der Parkeriaceen etc. und bildet dort noch drei durchaus normale Anemiaprothallien ab (Taf, III. Fig. 10, 11, 12), deren genauere Betrachtung und Vergleichung mit anderen Entwicklungsstadien zu der Erkenntniss des wahren Sachverhalts hätte führen müssen.

dieser Marginalzellen befindet; zuweilen eilt aber die Zelle *a* in ihren Theilungen voraus und rückt dann an die Spitze des Vorkeims (Taf. XXXVIII, Fig. 18). In solchen Fällen (und auch sonst manchmal, wie z. B. bei dem in Fig. 14 auf Taf. XXXVIII dargestellten Vorkeim) gewinnt es dann den Anschein, als ob die Zellreihe mit *a* an der Spitze für sich allein einer der beiden Hälften der Keimfadenendzelle entstamme, was ja ausnahmsweise in der That vorkommen mag. Das Wachsthum der Zelle *a* in der Längsrichtung des Vorkeims ist natürlich nicht ohne eine entsprechende Längsstreckung der inneren Nachbarzellen in derselben Richtung möglich; dabei treten intercalare anticline Wände in den letzteren auf (man vergl. z. B. Taf. XXXIX, Fig. 1).

Aber nicht nur die Grösse der der vorderen Hälfte des Vorkeims angehörigen Randzellen nimmt in der Richtung auf die Zelle *a* hin allmählich ab, sondern das Gleiche ist auch mit dem Marginalwachsthum selbst der Fall. Eine vergleichende Betrachtung des Zellnetzes von Prothallien verschiedenen Alters lehrt, dass die mit A bezeichnete Hälfte der Keimfadenendzelle sich im Allgemeinen weit lebhafter an der Flächenbildung betheiligt, als die oberhalb der mit *a* bezeichneten Zelle gelegenen Randzellen der Hälfte B (man vergleiche z. B. Tafel XXXIX, Figur 1 und 2). Dagegen giebt Burck, wie Eingangs erwähnt, an, dass gerade die letzteren, und noch dazu ausschliesslich, die Fläche des Vorkeims erzeugen, während die der anderen Seite des Vorkeims (also der Endzellhälfte A) angehörigen Zellen sich hierbei absolut nicht betheiligen sollen.[1]) Wie man sieht, wäre es weniger unrichtig gewesen, wenn er das Gegentheil behauptet hätte. Abgesehen davon kommt aber besonders bei Aneimia den unterhalb der seitlichen Zellreihe befindlichen Zellen (also den ursprünglichen Gliederzellen des Keimfadens) immer ein hervorragender, nicht selten sogar zunächst der hauptsächlichste Antheil an der Bildung der Prothallium-

[1]) l. c. pag. 9. — Hierbei ist übrigens noch zu berücksichtigen, dass Burck nicht nur, wie schon erwähnt, die Zelle *a*, sondern auch die über dieser befindlichen Marginalzellen aus Gliederzellen des Keimfadens entstehen lässt; auf diese Weise erklärt sich auch seine Angabe, dass die Zellfläche des Prothalliums (welche ja nach ihm ausschliesslich aus den oberhalb der Zelle *a* befindlichen Marginalzellen hervorgehen soll) bei Aneimia abweichend von allen anderen Farnen seitlich zum Keimfaden gelegen ist (l. c. pag. 20).

fläche zu. Dass dem so ist, beweist einerseits die Vergleichung der Zellenzüge an Vorkeimen verschiedenen Alters, andererseits geht dies daraus hervor, dass die charakteristische seitliche Zellreihe sich mit der Zeit immer weiter von der Basis des Prothalliums entfernt, und dass der zwischen beiden befindliche Theil des letzteren an Ausdehnung die vordere, oberhalb jener Zellreihe liegende Hälfte des Vorkeims oft wesentlich übertrifft (Taf. XXXIX, Fig. 3; Taf. XL, Fig. 3, 8, 9). Zu erwähnen ist dabei, dass, während in der Endzelle des Keimfadens zunächst immer nur eine einzige Längswand auftritt, auf welche dann Querwände folgen, in den Gliederzellen dagegen das Breitenwachsthum meist durch mehrere Längswände eingeleitet wird (man vergl. z. B. Taf. XXXVIII, Fig. 14). Bei Mohria Caffrorum schreiten diese Längstheilungen nicht selten abwärts bis zur Sporenzelle vor, wie es bei Ceratopteris thalictroides der gewöhnliche Fall ist.[1]) —

Bisher wurde ganz besonders der Wachsthumsmodus des Vorkeims bei Aneimia berücksichtigt. Bei Mohria Caffrorum geht die Zellfläche bis zum Entstehen des Gewebepolsters im Wesentlichen in derselben Weise vor sich. Jedoch zeigt das Prothallium hier immer vorn ein stärkeres Breitenwachsthum; und in Folge dessen nimmt dasselbe regelmässig zunächst eine breit spatelförmige Gestalt an, wobei die charakteristische Zellreihe sich tiefer unten befindet als bei Aneimia (Taf. XLI, Fig. 5). Auch betheiligen sich bei Mohria die Gliederzellen des Keimfadens meist nicht so lebhaft an der Flächenbildung als bei jener Gattung.

Eine Eigenthümlichkeit, welche noch bei den von mir untersuchten Schizaeaceenvorkeimen sehr oft anzutreffen war, besteht darin, dass dieselben frühzeitig eine lokale Verbreiterung auf der der Zelle α gegenüber liegenden Seite erfahren (Taf. XXXVIII, Fig. 2, 18; Taf. XXXIX, Fig. 3; Taf. XL, Fig. 6, 9); diese Verbreiterung steigert sich mit der Zeit nicht selten bis zur Ausbildung eines sprossartig hervortretenden Lappens, welcher sich jedoch, wie es scheint, niemals nach Art der Adventivsprosse von dem Prothallium ablöst. Diese frühzeitige Verbreiterung der Vorkeimfläche traf ich besonders häufig und auffallend bei Aneimia collina an (Taf. XXXVIII, Fig. 2; Taf. XL,

[1]) Kny, Entwicklung der Parkeriaceen etc. pag. 9.

Fig. 6). Es betheiligt sich daran entweder nur die Hälfte A der Keimfadenendzelle oder auch die benachbarten Gliederzellen des Keimfadens. Da die Aufrichtung des Vorkeims Behufs Senkrechtstellung zu den auffallenden Lichtstrahlen in der Regel an dieser Stelle erfolgt, so scheint jene lokale Verbreiterung die Bedeutung einer Stütze für die aufgerichtete Zellfläche zu haben (Taf. XL, Fig 6). Ich hoffe, in nicht allzuferner Zeit eingehendere Mittheilungen über die Beziehungen des Farnprothalliums zum Licht machen zu können, wie dies bereits von Leitgeb bei den Vorkeimen der Lebermoose geschehen ist.[1])

Entwicklung des Gewebepolsters mit den Archegonien. — Wie gross die Anzahl der von der Zelle *a* nach unten hin abgeschiedenen Zellen ist, lässt sich im Allgemeinen desshalb kaum angeben, weil die ältesten von ihnen oft bereits frühzeitig an der in diesem Theile des Vorkeims stattfindenden, beträchtlichen Längsstreckung theilnehmen und sich dabei mehrfach theilen, sodass die Grenze zwischen ihnen und den Nachbarzellen verwischt wird und auch die ursprünglichen, in der Zelle *a* aufgetretenen Querwände nicht von den nachträglich entstandenen zu unterscheiden sind. Dennoch ist es sicher, dass die Zelle *a* sich kaum jemals öfter als acht Mal hintereinander durch Querwände theilt; in der Regel jedenfalls nicht so oft. Während sich nun die ältesten Zellen der seitlichen Zellreihe meist in der angegebenen Weise verhalten, dehnen sich die jüngeren nur ein Wenig in der Richtung senkrecht zum Rande des Vorkeims aus, so dass sie dadurch immer breiter als die Zelle *a* selbst erscheinen. Da auch, wie bereits erwähnt wurde, die ringsum befindlichen Nachbarzellen des Prothalliums sich nur wenig ausdehnen, so ist die weitere Entwicklung des letzteren an dieser Stelle meist mit Sicherheit zu verfolgen. Sobald nämlich die Zelle *a* ihre Quertheilungen beendigt hat, tritt im Allgemeinen bei Aneimia ein Stillstand in dem Wachsthum dieser Zelle ein, welcher solange andauert, bis das Prothallium eine gewisse Grösse erreicht hat. Hierauf tritt in der Zelle *a* selbst wie in den jüngeren Zellen der von ihr gebildeten Zellreihe, welche sich gleichwie sie selbst durch einen reichen Gehalt an Chlorophyll und Protoplasma auszeichnen, in

[1]) Leitgeb: Die Keimung der Lebermoossporen in ihrer Beziehung zum Lichte. Sitzungsber. der K. K. Akademie der Wissensch. Wien, 1876.

der Regel zunächst eine pericline Wand auf, auf welche darauf in den neugebildeten Randzellen eine anticline folgt (Taf. XXXIX, Fig. 4; Taf. XL, Fig. 1). Gleichzeitig oder wenig später erfolgen bei Aneimia sowohl in den so entstandenen Flächenzellen, als auch in den inneren Nachbarzellen der letzteren zur Oberfläche des Vorkeims parallele Theilungen; es wird so wie gewöhnlich das Gewebepolster erzeugt, auf welchem die Archegonien erscheinen. Uebrigens treten ausserdem in den aus der seitlichen Zellreihe durch die erste pericline Wand abgeschiedenen Flächenzellen regelmässig auf der Ebene des Prothalliums senkrecht stehende, intercalare Wände auf (vgl. dieselben Figuren).[1])

Die aus der seitlichen Zellreihe mit der Zelle α an der Spitze hervorgegangenen Marginalzellen strecken sich sogleich oder nachdem noch weitere Theilungen stattgefunden haben, senkrecht zum Rande und wachsen von nun an in dieser Richtung weiter, indem sie sich dem entsprechend vorwiegend durch pericline Wände theilen (Taf. XL, Fig. 2). Sie vermitteln auf diese Weise das Längenwachsthum des Gewebepolsters, nehmen also, obgleich sie sich seitlich am Prothallium befinden, doch den Scheitel des Polsters ein und sind aus diesen Gründen passend als Scheitelkante des Gewebepolsters (nicht des Prothalliums) zu bezeichnen. Ihre Thätigkeit wird übrigens auch bei Aneimia wie bei den anderen Farnen, deren Prothallium ein

[1]) Burck lässt, wie aus den im Eingange mitgetheilten Ergebnissen seiner Arbeit hervorgeht, das Gewebepolster aus seinem „normalen Seitenspross" entstehen. Dass er aber hierbei nicht genau beobachtete, beweist zunächst der Umstand, dass er dem „n. S." eine viel zu grosse Ausdehnung zuschreibt, da das gesammte Gewebepolster mit den Archegonien nicht allein ausschliesslich von dem „n. S.", sondern wahrscheinlich nur von der Marginalregion desselben gebildet werden soll (l. c. pag. 14). Andrerseits sind die bez. Figuren so überaus ungenau gezeichnet, dass sich eine genaue Beobachtung der Entwicklung der seitlichen Zellreihe mit ihnen kaum vereinen kann.

Mit der Angabe, dass das coussin celluleux durch zur Ebene des Prothalliums parallele Wände in der Marginalregion des „n. S." erzeugt wird, schliessen die Mittheilungen Burck's über die Entwicklung des Prothalliums ab. Dass die Marginalzellen des Gewebepolsters sich irgendwie von den anderen unterscheiden oder dass ein weiteres Wachsthum des Polsters durch sie stattfindet, davon erwähnt Burck nichts. Ebensowenig beobachtete er die allmähliche Ausbreitung der zur Ebene des Vorkeims parallelen Theilungen nach rückwärts, noch auch das später zu beschreibende sprossartige Hervortreten des Polsters in Folge des Scheitelkantenwachsthums.

entsprechend fortwachsendes Gewebepolster besitzt, durch den Umstand bewiesen, dass unter den Archegonien von verschiedenster Altersstufe die jüngsten sich stets dem Scheitel des Polsters am nächsten und dabei immer in annähernd gleicher Entfernung von demselben befinden.[1]) Wie man sieht, steht die Wachsthumsrichtung des Gewebepolsters auf der seitlichen Zellreihe senkrecht.

Zu erwähnen ist noch, dass das Längenwachsthum in der Mitte der Scheitelkante in der Regel anfangs schwächer ist als an den beiden Seiten, so dass dieselbe meist eine schwache Einbuchtung erhält (Taf. LX, Fig. 2, 3, 9).

In Ausnahmefällen theilt sich die seitliche Zellreihe mit *a* an der Spitze sowohl bei Aneimia Phyllitidis, als auch bei A. collina und A. cheilanthoides schon frühe durch pericline und darauf folgende anticline Wände, lange Zeit bevor das Gewebepolster angelegt ist; auch kommen bezüglich des Verlaufs der Wände u. s. w. häufig Abweichungen von der Regel vor. Dagegen erfolgen bei den Prothallien von Mohria Caffrorum jene Theilungen in der seitlichen Zellreihe wie es scheint, regelmässig sogleich nachdem die Quertheilungen in der Zelle *a* beendet sind (vgl. Taf. XLI, Fig. 5); dafür wird hier aber das Gewebepolster — an der entsprechenden Stelle wie bei Aneimia — oft so frühzeitig angelegt, wie ich es sonst bei keinem anderen Farnvorkeim bemerkt habe. Durchaus charakteristisch ist für Mohria Caffrorum, dass hier die Bildung einer eigentlichen Scheitelkante gar nicht zu Stande kommt. Meine Beobachtungen erstrecken sich hier, wie überhaupt bei Mohria, nicht auf eine grosse Anzahl von Fällen; aber diese stimmen alle darin überein, dass die untere Parthie der aus der seitlichen Zellreihe hervorgegangenen Zellen sich bald allseitig ausdehnt, während nur die obersten Marginalzellen (die Anzahl derselben schwankte bei den von mir beobachteten Vorkeimen zwischen vier und zehn) sich dauernd durch ihren reichen Gehalt an Protoplasma sowie durch ihre schmale Gestalt auszeichnen und sich meist abwechselnd durch anti- und

[1]) Die Bildung und Vergrösserung der beiden Lappen bei den herzförmigen Polypodiaceen- und Cyatheaceenprothallien wird wesentlich durch das Wachsthum der aus den Segmenten der keilförmigen Scheitelzelle hervorgegangenen Randzellen bewirkt, nicht aber durch die im Scheitel des Vorkeims erzeugten Marginalzellen, wie ich l. c. pag. 63 angegeben habe.

pericline Wände theilen (Taf. XLI, Fig. 2, 3). Dabei folgt aber der unterhalb dieser Randzellen befindliche Theil des Polsters ihnen in seinem Wachsthum nach, sodass dieselben im Allgemeinen nicht über die Randlinie hervortreten. Die schmalen Marginalzellen sind aber offenbar als rudimentäres Analogon der Scheitelkante, wie wir sie bei Aneimia finden, zu betrachten.

Die Archegonien entstehen bei Mohria im Allgemeinen successive in nächster Nähe der erwähnten schmalen Marginalzellen (Taf. XLI, Fig. 2, 3); die ältesten von ihnen finden sich meist der Basis des Prothalliums am nächsten und dabei mehr oder weniger nach Innen gerückt (ibid. Fig. 8). Dabei ist auch der Archegonienhals regelmässig von den erwähnten Randzellen weggekrümmt, sodass die Ebene dieser Krümmung nicht wie bei den Polypodiaceen etc. den Rand des Polsters annähernd senkrecht schneidet, sondern ihm nahezu parallel läuft.[1]) Dagegen fand ich bei Aneimia an den vielen Vor-

[1]) Die Krümmung des Archegoniumhalses hat bei Dr. R. Sadebeck seltsame Missverständnisse hervorgerufen. In dem Aufsatze des genannten Verfassers: „Zur Wachsthumsgeschichte des Farnwedels" betitelt (Verhandlungen des botan. Vereins der Provinz Brandenburg 1873) findet sich nämlich auf pag. 127/128 folgende Stelle: „Zum Schlusse will ich einer Thatsache kurz Erwähnung thun, welche auch schon von Strasburger beobachtet worden ist (Jahrb. für wiss. Botan. Band VII) es ist dies das Bestreben zur Einrollung, welches bei den Archegonien stattfindet. Diese Eigenthümlichkeit, welche der Farnwedel in so ausgeprägter Weise zeigt und welche auch bei dem Blatte der Marsilien deutlich hervortritt, hat bezüglich ihrer Ursachen die verschiedensten Deutungen erfahren. Hanstein (Jahrb. für wiss. Botan. IV, pag. 249), der die Entwicklung des Marsilienblattes am Eingehendsten geschildert hat, spricht sich darüber folgendermassen aus: „„Das Spalten und Dehnen der Rand- und Schichtzellen geschieht auf der Rückseite des Blattes schneller als auf der Bauchseite. Daher krümmt sich das Blatt nach innen und rollt sich endlich völlig ein, und es sieht dann im Profil aus, als ob die Scheitelzelle seitwärts sässe."" Gegen diese Auffassung scheint mir die oben erwähnte Thatsache zu sprechen, dass die Archegonien der Farrenkräuter ebenfalls eine nicht zu verkennende Neigung zur Einrollung aufweisen (Fig. 10)."

Figur 10 stellt die gekrümmten Hälse von zwei jungen, geschlossenen Archegonien dar. —

Zunächst ist hier zu bemerken, dass in der citirten Abhandlung Strasburger's von einem Bestreben zur Einrollung Seitens der Archegonien nie die Rede ist. Strasburger führt nur die Thatsache an (l. c. pag. 398), dass die dem Einschnitte dss Prothalliums zugekehrten Zellen des Archegonienhalses schneller als die entgegengesetzten wachsen, und dass dadurch der Halstheil an dieser Stelle convex gekrümmt ist und constant nach der Basis des Vorkeims hinschaut. Woher weiss nun Sadebeck, dass diese Krümmung des Arche-

keimen, welche ich daraufhin untersuchte, den Archegoniumhals immer gerade oder nur schwach und dann nicht immer in derselben Richtung gekrümmt. Die Antheridien — auf welche ich unten noch weiter zurückkommen werde — finden sich, wie gewöhnlich, vorwiegend hinter den Archegonien auf dem Polster, sodass der Hals der letzteren ihnen bei Mohria wie bei den Polypodiaceen etc. zugekrümmt ist. Uebrigens sind die Archegonien bei Mohria im Ganzen nicht so regelmässig angeordnet als sonst; so kommt es auch vor, dass sie am Rande des Polsters entstehen (Taf. XLI, Fig. 8). Was Bau und Entwicklung derselben anbelangt, so finden sich weder hier, noch bei Aneimia nennenswerthe Abweichungen den anderen Farnen gegenüber. —

Die Gestalt, welche das Prothallium von Aneimia um die Zeit der Entstehung des Gewebepolsters erlangt hat, ist im Allgemeinen

---

goniumhalses ein Bestreben der Archegonien, sich einzurollen, bezeichnet? Ein eingerollter Archegonienhals ist wenigstens, soweit bekannt, noch nie beobachtet worden. Ueberhaupt ist schwer einzusehen, was den Archegonien eine Einrollung ihres Halses nützen könnte.

Sadebeck hat sich hier, wie aus seiner Darstellung ersichtlich ist, durch die Einrollung, welche bei dem Farnwedel und dem Blatt von Marsilea stattfindet, verleiten lassen, auch in dem gekrümmten Archegonienhalse die Neigung, oder anders gesagt, den Beginn zu einer Einrollung zu erblicken. Dieses Vorgehen hätte aber nur in dem Falle einen Sinn, dass zwischen dem Farnwedel und dem Archegonienhals eine gewisse Analogie bestände; z. B. wenn der letztere als rudimentärer Wedel aufzufassen wäre. In der That fehlt aber zu einer derartigen Auffassung jeder Anhalt; und desshalb ist das Bestreben des Archegoniums, sich einzurollen, eine unberechtigte Hypothese.

Der weiterhin citirte Passus von Hanstein soll nun, wie Sadebeck will' eine Deutung dieses Forschers Betreffs der Ursachen jenes Bestrebens zur Einrollung enthalten. In der That giebt Hanstein aber in dem betreffenden Citat einfach eine Beschreibung des genaueren Vorganges bei der Einrollung des Blattes von Marsilea, ohne dabei über die Thatsachen hinauszugehen. Ueber die Deutung oder Auffassung der letzteren oder gar ihrer Ursachen spricht er sich hier gar nicht aus. Das Citat passt also nicht hierher.

Sadebeck geht aber noch weiter. Er schliesst nämlich von dem vermeintlichen Einrollungsbestreben bei den Archegonien auf die thatsächliche Einrollung des Marsileablattes. Nehmen wir wirklich einmal an, der Archegoniumhals hätte das Bestreben, sich einzurollen wie ein Farnwedel oder ein Blatt von Marsilea — wie kann dann durch das blosse Vorhandensein dieses Strebens die von Hanstein für das Zustandekommen der Einrollung bei dem Marsileablatte gegebene Beschreibung — oder wie Sadebeck will, Auffassung — widerlegt werden, wie es doch nach Sadebeck der Fall sein soll? Um dies zu er-

mehr oder weniger nierenförmig, wobei die Scheitelkante des Gewebepolsters sich immer an der concaven Seite befindet; seltener ist die Form eine gelappte (Tafel XL, Fig. 3, 8, 9). Dass der Vorkeim sich mit der Zeit krümmt (Tafel XL, Fig. 3), rührt daher, dass die unterhalb der Scheitelkante des Polsters befindlichen Randzellen der concaven Seite bald zu Dauerzellen werden (und in Uebereinstimmung damit Antheridien und Haarwurzeln in Menge erzeugen), wogegen die Randzellen der anderen Seite ihre Wachsthumsfähigkeit regelmässig noch sehr lange beibehalten. Die Scheitelkante des Gewebepolsters ist, worauf schon einmal hingewiesen wurde, bei dem Vorkeim von Aneimia immer weit von der Basis entfernt — eine Folge davon, dass die Gliederzellen des Keimfadens sich durch Theilung, und sehr beträchtliche Längsstreckung der Theilzellen lebhaft an der Bildung der Fläche des Vorkeims betheiligen.

Bei Mohria Caffrorum ist dagegen, wie ebenfalls bereits erwähnt wurde, die Gestalt des Prothalliums zuerst breit spatelförmig, wobei die seitliche Zellreihe der Basis mehr genähert ist als bei Aneimia; in späteren Stadien erscheint der Vorkeim rundlich mit bis tief nach unten reichendem Gewebepolster (Taf. XLI, Fig. 8).

Die Fälle, wo bei Aneimia die Scheitelkante des Gewebepolsters in die Mitte des Vorkeims rückt[1]), gehören, wie sowohl Burck angiebt, als auch ich mich nachträglich überzeugt habe, zu den Ausnahmen. In solchen Fällen wird die Scheitelkante des Polsters dann durch intercalares Wachsthum der nach innen zu befindlichen Nachbarzellen in die Höhe gerückt. So war z. B. in dem auf Taf. XXXIX, Fig. 3 abgebildeten Prothallium die in Fig. 4 ibid. mit z bezeichnete Parthie durch nachträgliche Theilungen entstanden, wie sich aus der Richtung der Zellenzüge und aus der Vergleichung mit jüngeren Stadien ergiebt.

Zu erwähnen ist noch, dass die die Zellen der einschichtigen Fläche von einander trennenden Wände sich regelmässig in den Kanten, wo ihrer mehrere zusammenstossen, und auch immer noch an einzelnen anderen Stellen verdicken (Taf. XLI, Fig. 1). Die Verdickungen stellen auf der Prothalliumfläche senkrechte Säulchen dar.

möglichen, bedarf es in der That eines Verfahrens, welches mit den einfachsten Gesetzen der Logik in schroffem Widerspruche steht. —

[1]) Bauke, l. c. pag. 108.

Papillen. — Sämmtliche von mir untersuchte Schizaeaceenprothallien zeichnen sich durch kleine, kurze Papillen aus. Bei Aneimia finden sich dieselben in relativ weiten Abständen ausschliesslich am Rande des Vorkeims und sind dabei fast immer in der Richtung nach der Scheitelkante des Gewebepolsters zu gekrümmt (man vergl. z. B. Fig. 1 auf Taf. XL); bei Mohria Caffrorum bemerkt man sie dagegen nur ausnahmsweise am Rande, für gewöhnlich aber auf der Unter- oder seltener auf der Oberseite des Vorkeims; und während sie bei jener Gattung cylindrisch geformt sind, erscheinen sie bei dieser im Allgemeinen mehr eiförmig, auch sind sie hier meist parallel mit der Zellstreckung in dem betreffenden Theile des Prothalliums gerichtet (Taf. XLI, Fig. 5).

Die Bildung einer solchen Papille wird bei Aneimia regelmässig dadurch eingeleitet, dass in einer Marginalzelle eine nach der Scheitelkante des Gewebepolsters zu mehr oder weniger concav gekrümmte Membran auftritt. Die von dieser Membran umfasste, stets kleinere Tochterzelle erzeugt darauf durch lokalisirtes Flächenwachsthum die Papille; und diese grenzt sich durch eine zur ersterwähnten annähernd parallele Wand ab, auf welche nicht selten noch weitere, in derselben Richtung verlaufende Wände folgen (man vergl. z. B. Taf. XXXVIII, Fig. 1, 3; Taf. XXXIX, Fig. 1, 2). Die bezeichneten Theilungen werden übrigens im Allgemeinen durch das weitere Wachsthum des Vorkeims und dem entsprechend weiter auftretende Wände theilweise bald unkenntlich.

Bei Mohria wölbt sich dagegen die Flächenzelle, welche einer Papille den Ursprung geben soll, an der der Krümmungsrichtung der letzteren entsprechenden Seite lokal hervor, und der hervorgewölbte Theil grenzt sich durch eine mit der Ebene des Vorkeims nahezu parallele Membran ab; hierauf erzeugt der abgegrenzte Theil durch weiteres lokalisirtes Flächenwachsthum eine oder nicht selten auch zwei unmittelbar nebeneinander befindliche Papillen (Taf. XLI, Fig. 5), welche sich ihrerseits durch je eine Wand absondern.

Die erste Papille (in den meisten Figuren mit p_1 bezeichnet) entsteht bei Aneimia in der Regel unmittelbar über der zweiten in der Endzellhälfte *B* des Keimfadens auftretenden Querwand. Von hier aus schreitet dann die Bildung der Papillen im Allgemeinen in der ihrer Krümmungsrichtung entgegengesetzten Richtung am Rande

des Vorkeims fort; früher oder später entstehen solche jedoch auch unmittelbar oberhalb und unterhalb der Scheitelkante des Gewebepolsters, mit der Zeit meist auch auf der letzteren selbst, wobei ihre Richtung dem Mittelpunkte der Scheitelkante zugekehrt ist (Taf. XXXIX, Fig. 4; Taf. XL, Fig. 1, 2). Auch bei Mohria findet man die erste Papille regelmässig oberhalb der charakteristischen seitlichen Zellreihe und nicht weit von dieser entfernt; von hier aus verbreiten sich die Papillen darauf mit der Zeit über die Fläche des Vorkeims. —

Haarwurzeln und Antheridien. — Bis zur Anlegung des Gewebepolsters nehmen bei den Vorkeimen von Aneimia und Mohria die Haarwurzeln, welche übrigens hier die gewöhnliche Gestalt besitzen, ausser von den ältesten Zellen des Keimfadens vorwiegend von den Randzellen der unteren Partie des Vorkeims ihren Ursprung. Bemerkenswerth ist dabei, dass bei Mohria sich daran vorzugsweise oder auch ausschliesslich die auf der Seite der charakteristischen Zellreihe befindlichen Randzellen betheiligen, und dass auch bei den Prothallien von Aneimia die Haarwurzeln auf der Seite der Scheitelkante des Polsters immer in viel grösserer Menge erzeugt werden und auch viel weiter nach vorn hin rücken als auf der anderen Seite. Sobald jedoch das Gewebepolster ausgebildet ist, entstehen dieselben wie gewöhnlich wesentlich an der Unterseite des letzteren.

Die Antheridien, mit den Haarwurzeln morphologisch gleichwerthige Organe, treten ebenfalls zunächst am Rande auf der Seite der charakteristischen Zellreihe unterhalb der letzteren auf und gehen von da auf die Polsterfläche über. Für die Entwicklung der Antheridien ist bei Aneimia, wie Kny gezeigt hat[1]), der Umstand charakteristisch, dass die Sonderung von Deckel und Wandung einerseits, von Centralzelle andrerseits hier durch eine glockenförmige Wand bewirkt wird, während bei den Polypodiaceen und Cyatheaceen zuerst eine Ringwand auftritt, auf welche sich dann eine sich nach oben wölbende, Anfangs ebene Membran aufsetzt.[2]) Wie bei vielen

[1]) Ueber Bau und Entwicklung des Farnantheridiums. Monatsber. der Königl. Akademie der Wissensch. Berlin. 1869.

[2]) Strasburger, Die Befruchtung bei den Farrnkräutern. Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, Bd. VII, pag. 392; Kny, l. c. pag. 12 ff.; Bauke, l. c. pag. 67 ff.

Polypodiaceen bleibt die Deckelzelle bei Aneimia ungetheilt und reisst später sternförmig auf.[1])

Bei den Antheridien von Mohria beobachtete ich dieselbe Entstehungsweise wie bei Aneimia. Jedoch gewahrte ich hier nie das sternförmige Aufreissen der Deckelzelle; die letztere scheint vielmehr regelmässig ganz abgeworfen zu werden. In seltenen Fällen öffnete sich das Antheridium hier auch dadurch, dass die Wandzelle rings durchrissen wurde. —

Dass Antheridien und Haarwurzeln bei den untersuchten Schizaeaceenprothallien zuerst vorzugsweise an den unterhalb der charakteristischen seitlichen Zellreihe befindlichen Randzellen auftreten, während dieselben hier sonst am Rande, zumal an der Vorderseite des Vorkeims gänzlich fehlen, hängt jedenfalls mit dem Umstande zusammen, dass die unterhalb der seitlichen Zellreihe befindliche Parthie des Randes von dem Zeitpunkte des reichlichen Auftretens der Antheridien ab besonders bei Aneimia kaum noch weiterwächst, wogegen die übrigen Randzellen des Vorkeims ihre bisherige Thätigkeit noch lange Zeit fortsetzen. Die Bildung von Haarwurzeln und Antheridien scheint immer den Abschluss der Theilungsfähigkeit einer Prothalliumzelle zu bezeichnen.[2]) Bei den typischen Polypodiaceen- und Cyatheaceenprothallien werden dieselben constant auf der Fläche, nicht am Rande erzeugt;[3]) offenbar weil hier sämmtliche Marginalzellen sich dauernd theilen. Erst später, wenn das Gewebepolster sich nach rückwärts bis zur Basis des Prothalliums hin ausbreitet, werden die hinteren Randzellen des letzteren zu Dauerzellen und erzeugen neue Haarwurzeln.

Auf die weiteren Beziehungen, welche sich hier ergeben, besonders mit Rücksicht auf die männlichen Vorkeime, gedenke ich an anderer Stelle einzugehen. —

Weiteres Verhalten des Gewebepolsters. — An der Bildung des Gewebepolsters betheiligt sich ausser den aus der seitlichen Zellreihe hervorgegangenen Zellen bei Aneimia wie bei Mohria zunächst immer die im Umkreise nach innen und unten zu angrenzende Parthie des Vorkeims. Analog wie nun bei den herz-

[1]) vergl. Kny, l. c. pag. 13.
[2]) Man vergl. auch Goebel, l. c. pag. 685.
[3]) Bauke, l. c. pag. 63.

förmigen Prothallien der Polypodiaceen und Cyatheaceen die parallel zur Ebene des Vorkeims gerichteten Theilungen von der Zeit der Anlegung des Polsters im Scheitel an allmählich rückwärts nach der Basis hin fortschreiten, so dehnt sich auch bei den Schizaeaceen das Polster nach rückwärts aus. Bei Aneimia geschieht dies am häufigsten wie bei jenen beiden Familien in der dem Scheitelwachsthum des Polsters entgegengesetzten Richtung, sodass die zur Oberfläche parallelen Theilungen das ganze Prothallium mit der Zeit quer durchsetzen (Taf. XL, Fig. 4). Dabei bleibt die Richtung, in welcher die Zellen des Prothalliums gestreckt sind, nach wie vor meist dieselbe, also annähernd senkrecht zur Wachsthumsrichtung des Polsters (in Fig. 4 auf Taf. XL ist der Verlauf der Zellenzüge durch Pfeile angedeutet); und dieser Umstand unterscheidet, abgesehen von den charakteristischen Papillen am Rande, in solchen Fällen die alten Aneimiavorkeime sofort von Polypodiaceen- oder Cyatheaceenprothallien.

Im anderen Falle — und dieser ist bei Mohria durchaus die Regel, tritt aber auch häufig bei Aneimia zu Tage — pflanzen sich die mit der Vorkeimfläche parallel verlaufenden Theilungen längs dem Rande nach der Basis des Prothalliums zu fort. Während aber bei Aneimia das Gewebepolster in beiden Fällen im Allgemeinen eine annähernd gleichmässige, im Verhältniss zur Länge meist merklich zurücktretende Breite aufweist und sich dadurch von dem Rest des Vorkeims relativ scharf abhebt, hatte dagegen das Polster bei den von mir untersuchten Prothallien von Mohria Caffrorum einen unregelmässigen Umriss, wobei ein Gegensatz zwischen Länge und Breite kaum hervortrat (man vergl. z. B. Taf. XL, Fig. 7 (Aneimia); Taf. XLI, Fig. 8 (Mohria)). Erwähnt sei übrigens hier noch, dass bei den Vorkeimen des letztgenannten Farnes sich constant unmittelbar über den schmalen Marginalzellen Falten zeigen, welche ihren Ursprung zweifellos dem ungleichmässigen Wachsthum des Polsters einerseits und der darüber befindlichen Marginalzone andrerseits verdanken. — Zwischen den beiden erwähnten Richtungen der weiteren Ausbildung des Polsters nach rückwärts hin finden sich bei Aneimia alle Uebergänge. —

Der bei dem Zustandekommen des Gewebepolsters nicht betheiligte Rest des Vorkeims — also besonders der vordere Theil des

letzteren — setzt bei Aneimia sein Marginalwachsthum unterdessen wie bisher fort und wölbt sich dabei immer mit der Zeit nach oben (Taf. XL, Fig. 4, 7). —

Sowohl bei Aneimia, als auch bei Mohria trifft man häufig rein weibliche Vorkeime an. Diese bleiben nicht selten in Folge mangelhaften oder fehlenden Zutritts von Spermatozoiden lange Zeit oder dauernd unbefruchtet. Nun behält aber das Gewebepolster bei Aneimia ebenso wie bei den herzförmigen Prothallien der Polypodiaceen etc. sein Längenwachsthum immer so lange bei, bis eine Befruchtung stattgefunden hat — wenn der Vorkeim nicht bereits vorher ungünstigen Vegetationsbedingungen zum Opfer fällt.[1]) Bei jenen herzförmigen Prothallien hält dabei das Wachsthum am Innenrande der beiderseits vom Scheitel befindlichen Lappen in der Regel mit dem des Polsters gleichen Schritt, und das letztere tritt daher nur verhältnissmässig selten in Form eines Sprosses aus dem Vorkeim heraus; wie ich einen solchen Fall bei Pteris aquilina in Fig. 12 auf Taf. X des zehnten Bandes dieser Jahrbücher abgebildet habe. Bei Aneimia muss jedoch bei weiterer Fortsetzung des Längenwachsthums das Gewebepolster schon aus dem Grunde aus dem Vorkeim heraustreten, weil, wie bereits erwähnt wurde, die unterhalb der Scheitelkante des Polsters befindliche Randparthie regelmässig bald ihr Wachsthum einstellt, die Zellen hier zu Dauerzellen werden; andrerseits zeigen aber auch die oberhalb der Scheitelkante d. P. befindlichen Marginalzellen immer im Vergleich mit dieser ein schwaches Wachsthum.

Anfänglich ist, wie weiter oben angeführt wurde, die Scheitelkante des Gewebepolsters nach der Mitte zu in der Regel concav gekrümmt — eine Folge davon, dass das Längenwachsthum von der Mitte aus nach beiden Seiten hin zunimmt. Diese Einbuchtung verschwindet jedoch regelmässig bald, und die Scheitelkante erscheint von nun an im Allgemeinen gerade. In demselben Maasse, als sich der Polsterspross verlängert, rücken nun immer die beiderseits äussersten Zellen der Scheitelkante an die Seite des Sprosses herab und werden zu Dauerzellen; da nun hierbei die Breite der Scheitelkante fortdauernd annähernd dieselbe bleibt, so zeigt auch der Spross

---

[1]) Man vergl. Bauke, l. c. pag. 94.

selbst im Allgemeinen eine gleichmässige Breite. Hierbei ist indess zu erwähnen, dass an dem Rande desselben nicht selten an einzelnen Stellen ein einschichtiger Lappen auftritt (l in Fig. 4, Taf. XL). Die Dicke des Sprosses ist im Ganzen dieselbe wie bei dem Rest des Polsters; nicht besonders verschieden von der, wie sie alte Polypodiaceen- und Cyatheaceenvorkeime aufweisen. Auf der Oberseite ist er meist eben, die Unterseite erscheint gewölbt und ist dicht mit Archegonien besetzt, deren Hals, wie bereits erwähnt wurde, im Durchschnitt senkrecht aufgerichtet ist. Am Rande finden sich, nach der Scheitelkante hin gekrümmt, die beschriebenen Papillen.

In den Fällen, wo das Gewebepolster das Prothallium quer durchsetzt, entspringt auch der Polsterspross immer dem Rande desselben in senkrechter Richtung (Taf. XL, Fig. 4); wo dagegen die mit der Prothalliumfläche parallel laufenden Theilungen sich längs dem Rande nach der Basis zu ausgebreitet haben, ist er immer mehr oder weniger schief nach vorn gerichtet (Taf. XL, Fig. 7). Die durch die Thätigkeit der Scheitelkante (und nachherige Theilungen) entstandenen Polsterzellen strecken sich wie gewöhnlich mit der Zeit beträchtlich in die Länge.

Hätte Burck die Bezeichnung des „normalen Seitensprosses" für den Polsterspross in Anwendung gebracht, so wäre dies nicht ganz unrichtig gewesen; wenn dagegen auch anzuführen wäre, dass in der Regel, unter günstigen Culturbedingungen, das Wachsthum des Gewebepolsters in Folge eingetretener Befruchtung seinen Abschluss erreicht hat, ehe es über den Rand des Prothalliums hervorgetreten ist. Aber Burck's Beobachtungen reichen gar nicht bis zur Bildung des Polstersprosses, obgleich er das Vorkommen rein weiblicher Vorkeime angiebt.[1])

Eine eigentliche Verzweigung des Polstersprosses beobachtete ich trotz der nicht geringen Anzahl der von mir untersuchten wuchernden Prothallien niemals. In einem Falle, wo die Scheitelkante, wahrscheinlich in Folge von irgend einer Verletzung, theilweise abgestorben war, fand ich an der einen Seite des Sprosses, nicht weit von dem Scheitel entfernt, eine reich mit Papillen besetzte lokale Wucherung des Gewebes, ohne Zweifel den Beginn einer Spross-

[1]) l. c. pag. 17.

bildung andeutend (Taf. XL, Fig. 4, bei *a*; stärker vergrössert in Fig. 5, ibidem). Indessen spricht schon der Umstand, dass die Papillen hier nicht nach dem Scheitel der Wucherung, sondern nach der Scheitelkante des Polstersprosses hin gekrümmt waren, dafür, dass es sich hier nur um einen Adventivspross, nicht um eine Verzweigung handelte. —

Während der im Wachsen begriffene Polsterspross unter gewöhnlichen Verhältnissen fort und fort an der Unterseite — hie und da auch an der Oberseite — Archegonien erzeugt, wird dagegen bei Eintritt besonders ungünstiger Umstände die Bildung der weiblichen Organe unterdrückt. So war es wenigstens in einer älteren Cultur von Aneimia Phyllitidis der Fall, welche im Laufe der Zeit von Moosprotonema derartig überzogen worden war, dass die einzelnen Prothallien von einem Gewirr solcher Fäden mehr oder weniger dicht umgarnt waren. Die Untersuchung dieser Prothallien ergab, dass bei allen der Polsterspross schon eine ansehnliche Länge erreicht hatte, dass dagegen die Production von Archegonien an demselben schon seit geraumer Zeit erloschen war, in einzelnen Fällen sogar überhaupt keine Archegonien erzeugt worden waren; an Stelle der letzteren zeigte sich die Unterseite des Polstersprosses überall dicht mit Antheridien besetzt (Taf. XL, Fig. 7); im Uebrigen war derselbe normal entwickelt, abgesehen von Ausnahmefällen, wo seine Breite sowohl wie seine Dicke nach vorn zu allmählich abnahm. Bei einigen anderen Prothallien dagegen, welche unter dem störenden Gaste nicht gelitten hatten, war er, wie gewöhnlich, dicht mit Archegonien besetzt. —

Die angeführten Thatsachen zeigen jedenfalls, dass das Wachsthum und die Entwicklung des Gewebepolsters nicht nothwendig mit der Erzeugung von Archegonien verknüpft ist. Unter Verhältnissen, wo jenes sich noch als vollständig entwicklungsfähig erweist, werden schon keine weiblichen Organe mehr gebildet. —

Bildung von Adventivsprossen an dem Gewebepolster. — Während bei den Polypodiaceen und Cyatheaceen mit typischer Prothalliumentwicklung Adventivsprosse an den normalen, Archegonien tragenden Vorkeimen, so lange diese unbeschädigt sind, fehlen[1]), treten solche dagegen bei älteren Vorkeimen von Aneimia

[1]) vergl. Bauke, l. c. pag. 98.

und Mohria fast regelmässig am Gewebepolster auf, und zwar bei Aneimia, wie es scheint, immer nur an der Unterseite, bei Mohria dagegen auch auf der Oberseite (Taf. XLI, Fig. 4; sp. in Taf. XLI, Fig. 8).[1] Dieselben nehmen von einer oder auch von mehreren Zellen der Oberfläche ihren Ursprung. Bei Aneimia trugen sie immer sehr reichlich Antheridien und waren am Rande mit den gewöhnlichen Papillen besetzt, deren Krümmungsrichtung jedoch durchaus wechselte; die Gestalt der Sprosse war bei diesem Farrnkraut auch ganz unregelmässig, wogegen dieselbe bei Mohria zuerst wenigstens constant spatelförmig erschien (Taf. XLI, Fig. 8). Die an den Adventivsprossen auftretenden Antheridien unterschieden sich nicht von den anderen; ein Grund hierfür liegt wohl darin, dass auch die an den normalen Vorkeimen von Aneimia vorhandenen schon sehr einfach gebaut sind.

Wie man sieht, nähern sich die erwähnten Schizaeaceen in Bezug auf die Erzeugung von Adventivsprossen den Osmundaceen, insofern auch bei dieser Familie (oder Ordnung) solche an den normal entwickelten Vorkeimen regelmässig auftreten. Ort und Zeitpunkt des Auftretens sind dagegen in beiden Fällen verschieden, ebenso waltet auch ein Unterschied hinsichtlich der Ausbildung der Sprosse.

Zusammenfassung der Resultate und Betrachtung der Beziehungen zwischen dem Vorkeim der Schizaeaceen und dem der anderen Farne.

Ehe wir zur Vergleichung des Prothalliums der Schizaeaceen mit dem der anderen Farrnkräuter übergehen, empfiehlt es sich, der Uebersichtlichkeit halber die wesentlichsten Ergebnisse der in Vorstehendem mitgetheilten Untersuchungen noch einmal hervorzuheben.

Von den vier Punkten, in welchen, wie Eingangs ausführlich berichtet wurde, Burck in seiner Arbeit über das Prothallium von Aneimia Phyllitidis die hauptsächlichsten Unterschiede dieses Vorkeims gegenüber dem der anderen Farrnkräuter zusammenfasst, entspricht, wie ich gezeigt zu haben glaube, nur der vierte im Wesentlichen der Wahrheit: abgesehen davon, dass die hier angewandte Bezeichnung:

[1] Die diesbezügliche Angabe Burck's auf pag. 17 l. c. ist also unrichtig.

„normaler Seitenspross“ auf logischen Widersprüchen basirt und desshalb nicht gelten kann. Für die übrigen drei, von dem genannten Forscher angeführten Punkte konnte dagegen in der Wirklichkeit kein Beleg aufgefunden werden.

Das Ergebniss meiner Beobachtungen, welche die Entwicklung des Vorkeims bei Aneimia Phyllitidis Sw., A. cheilanthoides Sw., A. collina Raddi und Mohria Caffrorum Desv. umfassen, — die Sporen wurden bei einer grösseren Reihe von Schizaeaceen untersucht —, ist folgendes:

1) Bei sämmtlichen untersuchten Schizaeaceen (aus den Gattungen Schizaea, Lygodium, Aneimia und Mohria) sind die Sporen tetraëdrisch gebaut.

2) Bei Aneimia wie bei Mohria ist das Exosporium durchgehends mit charakteristischen Leisten besetzt; diese sind entweder glatt, wie z. B. bei Aneimia cheilanthoides und Mohria Caffrorum, oder aber es finden sich auf ihnen zapfenförmige Verdickungen, wie bei Aneimia Phyllitidis, collina u. a ; auch sonst zeigen diese Leisten bei den verschiedenen Species bemerkenswerthe Abweichungen in ihrem Baue. — Der Umstand, dass die Sporen bei Aneimia und bei Mohria nach demselben Typus gebildet sind, ist als ein Moment von Bedeutung für das Verwandtschaftsverhältniss der beiden Gattungen zu betrachten.

3) Die Keimung erfolgt bei Aneimia und Mohria wie bei den Polypodiaceen und Cyatheaceen. In dem aus der gekeimten Spore hervortretenden Zellfaden theilt sich jedoch abweichend von den genannten Familien in der Regel eine Anzahl von Gliederzellen gleichzeitig mit der Endzelle oder schon früher als diese durch Längswände.

4) Die Endzelle des Keimfadens theilt sich in zwei mehr oder minder ungleiche Längshälften. Die eine von diesen wird zu einem Zellencomplex, welcher sich durch Marginalwachsthum vergrössert. Die andere (meist grössere) documentirt sich entweder als keilförmige Scheitelzelle, indem in ihr abwechselnd nach rechts und links geneigte Wände auftreten; dies findet besonders häufig bei Mohria statt; oder aber es erfolgen in ihr von unten aufsteigend mehrere parallele, zur Halbirungswand der Endzelle im Allgemeinen senkrechte Theilungen: so ist es bei Aneimia die Regel. Auch dort,

wo eine ausgeprägte Scheitelzelle vorhanden war, bemerkte ich in keinem Falle, dass dieselbe sich öfter als drei Mal segmentirt hatte.

5) Aus der durch die erste Querwand in der zuletzt erwähnten Endzellhälfte nach unten hin abgeschiedenen Zelle (dem ersten Segment der keilförmigen Scheitelzelle) geht, in der Regel nach einigen bestimmten vorbereitenden Theilungen, eine charakteristisch gestaltete Marginalzelle hervor, welche in der Richtung parallel zum Rande des Vorkeims nach vorn zu weiter wächst und sich von Zeit zu Zeit durch Querwände gliedert; dieselbe giebt also einer seitlich am Rande befindlichen Zellreihe den Ursprung, als deren Scheitelzelle sie erscheint. Diese Zellreihe stellt den Ausgangspunkt der Bildung des Gewebepolsters dar.

6) Abgesehen von der seitlichen Zellreihe vergrössert sich die Fläche des Vorkeims durch gewöhnliches, in der Richtung senkrecht zum Rande fortschreitendes Marginalwachsthum. Dasselbe zeigt jedoch, ebenso wie die Grösse der Randzellen, in der Richtung auf die seitliche Zellreihe zu eine allmähliche Abnahme; am schwächsten ist es also in der unmittelbar über der letzteren befindlichen Zellenzone — welche nach Burck gerade im Gegentheil ganz allein der Fläche des Prothalliums den Ursprung geben soll. Ausserdem betheiligen sich aber besonders bei Aneimia bis zu der Zeit, wo das Gewebepolster vorhanden ist, die Gliederzellen des ursprünglichen Keimfadens sehr lebhaft an der Flächenbildung, und die seitliche Zellreihe entfernt sich in Folge dessen regelmässig weit von der Basis des Vorkeims.

7) Die Gestalt, welche der Vorkeim bei Aneimia um die Zeit der Anlegung des Gewebepolsters erlangt hat, ist im Allgemeinen mehr oder weniger ausgeprägt nierenförmig, wobei die seitliche Zellreihe sich stets an der concaven Seite befindet. Die Krümmung, welche das ganze Prothallium um diese Zeit meist erfährt, rührt daher, dass die unterhalb jener Zellreihe auf derselben Seite wie die letztere befindlichen Randzellen zu Dauerzellen werden, während auf der anderen Seite das Marginalwachsthum andauert. Bei Mohria wird die Gestalt des Prothalliums dadurch, dass sich vorn immer ein starkes Breitenwachsthum geltend macht, zuerst breit spatelförmig; in späteren Stadien erscheint sie rundlich.

8) In der seitlichen Zellreihe treten bei Mohria und zuweilen

auch bei Aneimia sofort nach Ausbildung derselben, bei den Arten der letztgenannten Gattung jedoch in der Regel erst nach Verlauf einiger Zeit, pericline und darauf anticline Wände auf. Die auf diese Weise nach Innen hin abgeschiedenen Zellen theilen sich darauf im Verein mit den benachbarten Flächenzellen des Vorkeims durch parallel zur Ebene des letzteren verlaufende Wände und geben so dem Gewebepolster den Ursprung. Die aus der seitlichen Zellreihe hervorgegangenen Randzellen werden bei Aneimia zur Scheitelkante des Polsters. Sie strecken sich nämlich entweder sofort, oder nachdem in ihnen noch weitere peri- oder anticline Wände gefolgt sind, in der Richtung senkrecht zum Rande und wachsen fortan in dieser Richtung weiter, indem sie, ihre schmale Gestalt beibehaltend, sich ganz vorwiegend durch pericline Wände theilen, und indem ferner in den von ihnen nach hinten hin abgeschiedenen Zellen wie in den benachbarten Flächenzellen parallel zur Ebene des Prothalliums gerichtete Wände auftreten.

Bei Mohria kommt dagegen die Bildung einer eigentlichen Scheitelkante gar nicht zu Stande. Hier dehnen sich die aus der seitlichen Zellreihe hervorgegangenen Randzellen gleichmässig aus, und nur die vordersten unter ihnen — die Anzahl derselben schwankte in den von mir beobachteten Fällen zwischen vier und zehn — zeichnen sich dauernd durch ihre schmale Gestalt und ihren reichen Gehalt an Protoplasma aus; dieselben theilen sich im Allgemeinen abwechselnd durch anti- und pericline Wände. Diese schmalen Randzellen sind als Rudimentärbildung der bei Aneimia vorhandenen Scheitelkante zu betrachten.

9) Sowohl bei Aneimia als auch bei Mohria tritt das Gewebepolster seitlich am Vorkeim auf; die Fälle, wo dasselbe bei Aneimia den Scheitel des letzteren einnimmt, gehören zu den Ausnahmen.

10) Gemeinsam sind den Prothallien von Aneimia und Mohria kleine, kurze Papillen. Bei ersterer Gattung treten dieselben nur am Rande auf und sind in der Richtung nach der Scheitelkante des Gewebepolsters hin gekrümmt; bei Mohria Caffrorum finden sich dieselben dagegen fast ausschliesslich auf der Fläche des Vorkeims. In beiden Fällen tritt die erste von den Papillen immer in der Nähe der seitlichen Zellreihe auf, bei Aneimia in der Regel an einer ganz

bestimmten Stelle; von hier aus verbreiten sie sich dann weiter über den Rand, resp. über die Fläche des Prothalliums. Die Bildung derselben wird durch eine oder mehrere, in bestimmter Richtung verlaufende Theilungen vorbereitet.

11) Die Haarwurzeln treten bei den untersuchten Schizaeaceen ausser an den ältesten Keimfadenzellen zunächst besonders am unteren Rande des Prothalliums auf, und zwar vorwiegend an derjenigen Seite, auf welcher sich die charakteristische Zellreihe befindet; später verbreiten sie sich dann wie gewöhnlich über die untere Fläche des Gewebepolsters.

12) Die Antheridien zeichnen sich bei Mohria wie bei Aneimia durch das Auftreten der glockenförmigen Membran bei der Abtrennung der Centralzelle von der Wandung aus. Die Deckelzelle scheint bei Mohria Caffrorum regelmässig abgeworfen zu werden, während sie bei Aneimia bekanntlich sternförmig aufreisst. Wie die Haarwurzeln treten auch die Antheridien bei beiden Gattungen zunächst am Rande unterhalb der seitlichen Zellreihe auf, um von da aus auf die Polsterfläche überzugehen.

13) Die Archegonien bieten in ihrem Bau keine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit dar[1]). Bei Aneimia entstehen sie successive in gewisser Entfernung hinter der fortwachsenden Scheitelkante des Polsters; den Hals fand ich dabei nicht wie gewöhnlich nach rückwärts gekrümmt, sondern im Allgemeinen aufrecht; bei Mohria finden sich die jüngsten Archegonien immer unterhalb der schmalen Marginalzellen und in nächster Nähe derselben; die ältesten sind daher im

---

[1]) Ich verweise hier auf die in meiner früheren Arbeit gegebene ausführliche Darstellung. — Neuerdings hat W. Vonk (die Entwicklung des Embryo von Asplenium Shepherdi pag. 10, 11) gegen mehrere Punkte in derselben Einwände erhoben. Diese Einwände basiren jedoch darauf, dass der genannte Autor 1) nicht einmal den betreffenden Abschnitt in meiner Abhandlung durchgelesen hat (man vergleiche das auf pag. 81 über die Bildung der Bauchhülle Bemerkte!); 2) dass er, anstatt sich an einigen Schnitten über die von ihm besprochenen Verhältnisse zu orientiren, allerlei Hypothesen aufstellt, welche dem wahren Sachverhalt nicht entsprechen.

Wenn derselbe Verfasser weiterhin (l. c. pag. 16) die von mir in einzelnen Fällen gesehene Anordnung der ersten vier Zellen des Embryo nach den Ecken eines Tetraëders (man vergl. meine Figur 9 auf Tafel X) als auf Täuschung beruhend bezeichnet, weil er solche Fälle bei Asplenium Shepherdi nicht antraf, so ist das nur ein ebenso mangelhafter als unberechtigter Inductionsschluss. —

Allgemeinen der Basis des Vorkeims am meisten genähert; der Archegoniumhals ist hier immer von jenen schmalen Zellen weggekrümmt, so dass er nach der Basis des Prothalliums hinschaut.

14) Von dem Zeitpunkte der Bildung des Gewebepolsters an pflanzen sich die parallel mit der Oberfläche des Vorkeims gerichteten Theilungen nach rückwärts fort. Bei Aneimia geschieht dies in der Regel in der dem Wachsthume des Polsters entgegengesetzten Richtung, sodass das Prothallium mit der Zeit quer von dem letzteren durchsetzt wird; bei Mohria dagegen — und dieser Fall ist auch bei Aneimia nicht selten — schreiten jene Theilungen längs des Randes nach der Basis des Vorkeims zu fort. Der ander Bildung des Polsters nicht betheiligte Rest des Vorkeims setzt unterdessen sein Marginalwachsthum fort und wölbt sich bei Aneimia constant aufwärts.

15) Bei Prothallien von Aneimia, welche wegen Mangels an Spermatozoiden oder vielleicht auch aus anderen Gründen unbefruchtet bleiben, tritt das Gewebepolster regelmässig in Form eines Sprosses von meist annähernd gleichmässiger Breite seitlich aus dem Prothallium hervor und wächst an der Scheitelkante so lange weiter, bis entweder eine Befruchtung stattfindet oder bis der Vorkeim aus irgend welcher Veranlassung abstirbt.

16) Bei Eintritt gewisser ungünstiger Verhältnisse hört die Production von Archegonien an dem Polsterspross auf, während der letztere sein Wachsthum ungestört fortsetzt und die Unterseite an Stelle der weiblichen Organe sich mit Antheridien bedeckt: ein Beweis, dass das fortschreitende Wachsthum des Polsters nicht die Bildung von Archegonien zur nothwendigen Folge hat.

17) Während bei den Polypodiaceen und Cyatheaceen Adventivsprosse an den normalen herzförmigen Prothallien für gewöhnlich fehlen, treten solche bei Aneimia wie bei Mohria an dem Gewebepolster älterer Vorkeime fast regelmässig auf, indem sie von Flächenzellen des letzteren ihren Ursprung nehmen.

Aus den Untersuchungen, deren wesentlichste Resultate in Vorstehendem zusammengefasst wurden, geht hervor, dass die Entwicklung des Prothalliums bei den Schizaeaceen, wenigstens bei Aneimia und Mohria, einen eigenen Typus darstellt, innerhalb dessen die beiden genannten Gattungen erhebliche Verschiedenheiten aufweisen. Das Vorhandensein dieses gemeinschaftlichen Entwicklungstypus gewinnt dadurch noch an Werth, dass Aneimia und Mohria habituell ganz verschieden sind und sonst wesentlich nur in dem Bau und der Dehiscenz des Sporangiums und, wie ich oben gezeigt habe, in der Existenz der charakteristischen Leisten auf dem Exosporium übereinstimmen. Es geht also auch bei den Schizaeaceen, wie es für die anderen Farne zum grossen Theil erwiesen ist, eine im Wesentlichen übereinstimmende Entwicklung des Vorkeims neben dem analogen Bau des Sporangiums nebenher. Obgleich nun die Entwicklung des Prothalliums aus verschiedenen Gründen kein bestimmendes Moment für die Eintheilung der Farne abgeben kann und desshalb Abweichungen von dem Typus der Familie, wie sie unter den Polypodiaceen Ceratopteris thalictroides und Gymnogramme leptophylla zeigen, allein noch keine Aenderung im System bewirken können, so bildet doch eine solche Uebereinstimmung in der Entwicklung, wie wir sie bei Aneimia und Mohria den Prothallien der anderen Farne gegenüber gefunden haben, eine nicht zu verkennende Stütze für die auf Annulus und Dehiscenz des Sporangiums gegründete Eintheilung.[1])

So eigenartig sich nun auch der Entwicklungsmodus des Prothalliums bei Aneimia und Mohria auf der einen Seite darstellt, so lassen sich doch andrerseits deutliche Uebergänge erkennen, welche denselben mit dem Typus der Polypodiaceen und Cyatheaceen verbinden. Zunächst ist hervorzuheben, dass hier wie dort die Endzelle des Keimfadens in zwei mehr oder minder ungleiche Hälften zerfällt, und dass die grössere von diesen besonders häufig bei Mohria sich in derselben Weise wie bei den Polypodiaceen und Cyatheaceen durch abwechselnd nach rechts und links geneigte Wände theilt und sich dadurch als

[1]) Dass die Osmundaceen hier nicht mehr in Betracht kommen, wurde schon in der Einleitung hervorgehoben.

Scheitelzelle zu erkennen giebt. Während aber die letztere sich bejenen beiden Familien andauernd segmentirt und erst zu der Zeit, wo der Vorkeim eine herzförmige Gestalt erlangt hat, durch auf einander folgende peri- und anticline Wände und weiterhin durch zur Ebene des Prothalliums parallel gerichtete Theilungen den vorderen Theil des Gewebepolsters mit der Scheitelkante aus sich erzeugt, erlischt die Thätigkeit der Scheitelzelle bei Mohria immer schon nach den ersten Theilungen, und es tritt hier wie bei Aneimia dafür in dem ersten Segment derselben jene charakteristische, parallel zum Rande nach vorn hin weiterwachsende und sich dem entsprechend durch Querwände gliedernde Marginalzelle auf, von deren Tochterzellen die Bildung des Gewebepolsters ausgeht; bei Aneimia werden dabei die Randzellen zur Scheitelkante des letzteren, während eine solche bei Mohria nur andeutungsweise vorhanden ist.

Ferner ist hier an die Entwicklung des Prothalliums bei Ceratopteris thalictroides zu erinnern. Wie Kny gezeigt hat, entsteht bei diesem Farrenkraut wie bei Aneimia das Gewebepolster mit seiner Scheitelkante seitlich an dem Vorkeim; auch ist hier zu Anfang eine keilförmige Scheitelzelle vorhanden, welche sich eine Zeit lang segmentirt und sich dann wie die gewöhnlichen Marginalzellen weiter theilt. Bei Kny fehlen Angaben darüber, in welcher Weise die Scheitelzelle aus der Endzelle des Keimfadens hervorgeht und in welcher genetischen Beziehung zu der letzteren die schmalen Randzellen des Gewebepolsters stehen, und es scheint auch, als ob über diesen Punkt Sicherheit zu erlangen, gerade bei dem in Frage stehenden Farn mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft ist, da hier die Zellen des Keimfadens frühzeitig ein lebhaftes Breitenwachsthum bekunden. Indess sprechen sowohl die Abbildungen des genannten Forschers, als auch mir vorliegende Präparate von jungen Prothallien von Ceratopteris dafür, dass hier wie bei Aneimia die Scheitelkante des Gewebepolsters dem ersten Segment der keilförmigen Scheitelzelle entstammt; dabei tritt aber hier nicht wie bei den Schizaeaceen jene charakteristische, parallel mit dem Rande fortwachsende Marginalzelle auf, und ausserdem rücken bei Ceratopteris durch gesteigertes Marginalwachsthum unterhalb der schmalen Randzellen die letzteren regelmässig in den Scheitel des Vorkeims, während dies bei Aneimia

nur ausnahmsweise vorkommt. Jedenfalls aber sprechen die an geführten Thatsachen entschieden dafür, dass das Prothallium von Ceratopteris thalictroides hinsichtlich seiner Entwicklung eine Mittelstufe zwischen dem typischen Polypodiaceen- und Cyatheaceenvorkeim einerseits und dem von Aneimia und Mohria andrerseits einnimmt. Das Wachsthum mit keilförmiger Scheitelzelle culminirt bei jenen beiden Familien, sinkt bei Ceratopteris beträchtlich herab, hört bei Mohria auf, Regel zu sein und fehlt bei Aneimia in der Regel vollständig. Dafür wird bei den drei letztgenannten Gattungen das erste Segment jener Scheitelzelle oder die ihm analoge Zelle zum Ausgangspunkte der Bildung des Gewebepolsters; und zwar entwickelt sich dabei aus dieser Zelle bei Aneimia und Mohria zuvor jene seitliche Zellreihe, während eine solche bei Ceratopteris nicht auftritt; bei letztgenannter Gattung rückt die Scheitelkante des Gewebepolsters regelmässig an die Spitze des Vorkeims, bei Aneimia bleibt dieselbe für gewöhnlich an der Seite; und bei Mohria ist überhaupt eine Scheitelkante am Gewebepolster nur rudimentär zu erkennen. —

Ausser Ceratopteris thalictroides nimmt unter den Polypodiaceen hinsichtlich der Entwicklung des Vorkeims, soweit bis jetzt bekannt, noch Gymnogramme leptophylla eine Ausnahmestellung ein. Ich verweise hier auf das in der Einleitung über diesen Punkt Bemerkte.[1]) Aus den dort angestellten Betrachtungen scheint mir hervorzugehen, dass es für die Ermittlung der genetischen Beziehungen zwischen dem Vorkeim des genannten Farnes und dem typischen Polypodiaceenprothallium zunächst von Wichtigkeit ist, die noch nicht bekannte Keimungsgeschichte bei den anderen Arten der Gattung Gymnogramme in den Kreis der Vergleichung zu ziehen. Eben desshalb möchte es auch noch nicht an der Zeit sein, Hypothesen über den etwaigen näheren Zusammenhang zwischen dem Vorkeim von Gymnogramme und dem der Schizaeaceen aufzustellen, obgleich hier in verschiedenen Punkten eine nicht zu verkennende Analogie waltet.

Von den Polypodiaceen, Cyatheaceen und Schizaeaceen sind die Osmundaceen von vornherein bei der Keimung durch die Orientirung, welche die Wachsthumsrichtung des Vorkeims

---

[1]) vergl. oben pag. 610 (8).

der Spore gegenüber erkennen lässt, verschieden. Kny hebt zwar als wesentliche Differenzpunkte, welche der Vorkeim von Osmunda gegenüber den bei den Polypodiaceen beobachteten Bildungsvorgängen in den ersten Entwicklungsstadien aufweist, die Thatsachen hervor, dass bei der erwähnten Gattung die primäre Haarwurzel durch die erste in der keimenden Spore auftretende Wand abgegliedert wird, dass die Wachsthumsrichtung dieser Haarwurzel der des Vorkeims entgegengesetzt ist und dass bei Osmunda schon die allerersten Theilungen zur Anlegung einer Zellfläche führen, während bei den Polypodiaceen das Flächenwachsthum erst später auftritt.[1]) Indessen, um mit dem letzten der drei angeführten Punkte zu beginnen, so variirt die Länge des aus der Spore hervortretenden Zellfadens bei den Polypodiaceen und den sich analog verhaltenden Cyatheaceen ausserordentlich, und nicht selten führen auch hier schon die allerersten Theilungen zur Flächenbildung (man vergleiche z. B. die von mir gegebenen Figuren 2, 13, 14, 22 auf Taf. VI von Band X dieser Jahrbücher). Osmunda bietet also in dieser Beziehung keinen wesentlichen Unterschied gegenüber den beiden genannten Familien dar. Auch dass die Scheidewand, durch welche die primäre Haarwurzel sich abgliedert, die erste in der gekeimten Spore auftretende Wand ist, kommt aller Wahrscheinlichkeit nach auch bei den Polypodiaceen nicht selten vor, da jene Haarwurzel in ihrer Entwicklung der Keimzelle aus physiologischen Gründen vorauszueilen pflegt; nicht selten hat die Haarwurzel bereits ihre volle Länge erreicht, wenn die Keimzelle noch kaum aus der Spore hervorschaut. Dass aber überhaupt die primäre Haarwurzel sich wie bei Osmunda auch bei den Polypodiaceen etc. durch eine Membran abgliedert, davon habe ich mich in vielen Fällen sicher überzeugt (man vergleiche z. B. Fig. 3 auf der soeben citirten Tafel meiner früheren Arbeit).

Principiell verschieden ist dagegen bei den Osmundaceen den anderen genannten Farnen gegenüber die Orientirung des Vorkeims zur Spore. Bei den Polypodiaceen, Cyatheaceen und Schizaeaceen schreitet das Wachsthum des Prothalliums vom Mittelpunkte der Spore aus gedacht in der durch den Scheitel der letzteren gehenden

[1]) Kny, Jahrbücher für wissensch. Botan. Bd. VIII, (Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Farrenkräuter) pag. 12.

geraden Richtung fort; bei den Osmundaceen findet die Entwicklung gerade in der entgegengesetzten Richtung statt. Es hat hier also eine Drehung der Wachsthumsrichtung des Vorkeims um 180° stattgefunden. Dieser Umstand erklärt dann auch in einfacher Weise die abweichende Wachsthumsrichtung der primären Haarwurzel. Denn da die letztere erst dann sich entwickeln kann, wenn die Spore sich durch den Druck des anschwellenden Exospors geöffnet hat, und da diese Oeffnung stets am Scheitel der Spore erfolgt, so kann die primäre Haarwurzel auch nur an dieser Stelle hervortreten. Da nun ferner bei den Polypodiaceen und den sich analog verhaltenden Farnen das Wachsthum des Vorkeims selbst nach derselben Seite hin gerichtet ist, so ist die seitliche Lage der ersten Haarwurzel, wie wir sie hier finden, die einzig mögliche; bei den Osmundaceen hingegen muss dieselbe den angeführten Thatsachen zufolge dem Scheitel des Prothalliums entgegengesetzt gerichtet sein.

Dass dabei die primäre Haarwurzel bei Osmunda und Todea regelmässig Chlorophyll führt, scheint dafür zu sprechen, dass dieselbe das Analogon der primären Haarwurzel zusammen mit der Sporenzelle bei den Polypodiaceen und den sich an diese anschliessenden Familien ist.[1]) Es wäre somit die Sonderung von Sporenzelle und Haarwurzel bei den Osmundaceen überhaupt unterblieben. —

Bezüglich der Osmundaceen, als einer von den eigentlichen Farnen zu trennenden Abtheilung, beschränke ich mich hier auf diese Bemerkungen.

Von den noch nicht genannten Farnfamilien ist die Keimungsgeschichte nur bei den Hymenophyllaceen untersucht worden; indessen reichen die hier bis jetzt festgestellten Thatsachen wohl noch nicht hin, um genügende Anhaltspunkte zu einer eingehenderen Vergleichung mit den anderen Farrenkräutern darzubieten. Hinsichtlich des Baues der Antheridien schliessen sich die Hymenophyllaceen an die Osmundaceen an, wie Janczewski und Rostafiński gezeigt haben. Bei der letztgenannten Familie ist es sicher, bei der erstgenannten höchst wahrscheinlich, dass in der Mutterzelle

[1]) Vergl. auch Pedersen in Schenk und Lürssen, Mittheilungen etc. II, pag. 141.

des Antheridiums auf zwei schiefe, auf einander aufgesetzte Basalzellen nach oben zu eine gewölbte Membran sich aufsetzt, welche die Centralzelle umschliesst.[1]) Eine Trennung der Hüllzelle in Deckel und Wandung findet nicht statt; dafür theilt sich die Hüllzelle durch mehrere annähernd parallel über den Scheitel des Antheridiums hinweglaufende Wände. Ich berühre diesen Punkt hier noch, weil mir gegen die Auffassung Kny's, welcher die Basalzellen als Wandungszellen und die Hüllzelle als Deckel bezeichnet,[2]) die Analogieen zu sprechen scheinen. Denn einerseits kommen, wie ich früheren Orts gezeigt habe,[3]) auch im Antheridium der Cyatheaceen zwei schiefe, auf einander aufgesetzte Basalzellen als sichtliches Analogon der gewöhnlichen, einfachen Stielzelle vor; ein wesentlicher Unterschied zwischen diesen Basalzellen und denen bei den Osmundaceen ist aber nicht vorhanden. Auf der anderen Seite stellt sich die schwach gewölbte Membran, welche die Centralzelle bei Osmunda umschliesst, offenbar als morphologisch gleichbedeutend mit der etwas stärker gewölbten Membran dar, welche im Antheridium der Schizaeaceen das Innere von der Wandung abschliesst. —

Schliesslich erlaube ich mir noch die Bemerkung, dass ich die von Sachs (Ueber die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzentheilen, Würzburg 1877) aufgestellten, der Zelltheilung zu Grunde liegenden Principien, besonders aber die wichtige Entdeckung des genannten Gelehrten hinsichtlich der Beziehungen, welche die Form eines Meristemkörpers zu dem Princip der rechtwinkligen Schneidung der Zellwände darbietet, aus zwei Gründen in der vorliegenden Arbeit noch nicht in Betracht gezogen habe. Einmal weil in kurzer Zeit die ausführliche Publikation von Sachs über dieses Thema zu erwarten steht; und dann, weil ich demnächst die Keimungsgeschichte der Gefässkryptogamen überhaupt einer allgemeineren Bearbeitung in morphologischer und physiologischer Hinsicht zu unterziehen gedenke. —

Berlin, im Januar 1878.

---

[1]) Janczewski und Rostafiński, Note sur le prothalle de l'Hymenophyllum tunbridgense, pag. 5.

[2]) l. c. pag. 9, 10.

[3]) Entwicklungsgeschichte des Prothalliums bei den Cyatheaceen etc., pag. 67.

Erklärung der Abbildungen.

Ueberall bedeutet I I die erste in der Endzelle des Keimfadens auftretende Längswand, A und B die beiden, durch diese Wand getrennten Stücke des Prothalliums. Mit *a* ist die Zelle bezeichnet, aus welcher die Scheitelkante des Gewebepolsters bei Aneimia hervorgeht; pp sind Papillen am Rande (Aneimia) oder auf der Fläche des Vorkeims (Mohria).

Die meisten Vorkeime sind nach vorhergegangener Behandlung mit Alkohol, Kali, Essigsäure und Glycerin gezeichnet. Die Zellen, welche durch ihren besonderen Reichthum an Protoplasma vor den übrigen hervortraten, sind meist schattirt. Sämmtliche Figuren wurden mit der camera lucida entworfen und darauf Zelle für Zelle genau nach der Natur nachgezeichnet. Eine Ausnahme hiervon machen nur wenige, bei schwacher Vergrösserung wiedergegebene Prothallien, wo die Richtung der Zellenzüge und die relative Grösse der Zellen ungefähr wiedergegeben wurde. Es sind dies die Figuren 3 auf Taf. XXXIX, 3 und 7 auf Taf. XL und 8 auf Taf. XLI.

Tafel XXXVIII.

Mit stärkeren Linien sind hier der Uebersichtlichkeit halber angegeben: die untere Grenzwand der Endzelle des Keimfadens, wo dieselbe noch nicht durch zu grosse, nachträglich eingetretene Verzerrung undeutlich geworden war; ferner die erste Längs- (oder schiefe) Wand (I I) in der Endzelle; endlich die primären Wände in der mit B bezeichneten Hälfte der letzteren (aus welcher die Zelle *a* hervorgeht).

Fig. 1. Junger Vorkeim von Aneimia Phyllitidis Sw. Vergr. 180.
Fig. 2. Ein gleicher von Aneimia collina Raddi. Vergr. 180.
Fig. 3. Ein gleicher von Aneimia Phyllitidis. Vergr. 210.
Fig. 4. Spore von Aneimia Phyllitidis; *a* von unten, *b* schief von oben, *c* von der Seite gesehen. Vergr. 340.
Fig. 5. Spore von Mohria Caffrorum Desv.; *a* von oben, *b* von unten gesehen. Vergr. 170.
Fig. 6. Spore von Aneimia cheilanthoides Sw. *a* von oben, *b* von der Seite betrachtet. Vergr. 210.
Fig. 7. Spore von Aneimia collina, von oben. Vergr. 340.
Fig. 8. *a* Stück des Exospors bei Aneimia cheilanthoides. ll = Leisten; z = Zwischenraum. Stark vergrössert. *b* Theil einer solchen Leiste, noch stärker vergrössert.
Fig. 9. Entsprechendes Stück wie in Fig. 8a von Mohria Caffrorum.
Fig. 10. Stück des Exospors bei Ceratopteris thalictroides.
Fig. 11 und 12. Junge Vorkeime von Aneimia Phyllitidis. Vergr. 210 und 180.
Fig. 13. Ein gleicher von Aneimia collina. Vergr. 180.
Fig. 14. Ein gleicher von Aneimia cheilanthoides. Vergr. 180.

Fig. 15—17. Drei sehr junge Prothallien von Mohria Caffrorum. In Fig. 16 und 17 ist die Endzelle des Keimfadens deutlich durch eine keilförmige Scheitelzelle (*S*) segmentirt. Vergr. 180.

Fig. 18. Vorkeim von Aneimia Phyllitidis. Die Zelle *a* befindet sich ausnahmsweise an der Spitze Vergr. 110.

Tafel XXXIX.

Fig. 1. Stück eines Vorkeims von Aneimia Phyllitidis. Die Nachkommen der Zelle *a* sind bereits auf eine ansehnliche Zahl angewachsen. Der Verlauf der ersten Wände in der Hälfte B der Endzelle des Keimfadens ist durch stärkere Linien angedeutet. Vergr. 210.

Fig. 2. Oberer Theil eines Vorkeimes von derselben Species. Der Verlauf der ursprünglichen Theilungswände ist, soweit er sich noch verfolgen liess, durch stärkere Linien angegeben. Vergr. 180.

Fig. 3. Vorkeim von demselben Farn. Sk bedeutet in dieser wie in der folgenden Figur die Scheitelkante des Gewebepolsters. Den Charakter des Zellwandnetzes hat der Lithograph in der obersten Parthie des Vorkeims nicht gut wiedergegeben. Vergr. 44.

Fig. 4. Parthie an dem vorderen Rande des in der vorigen Figur dargestellten Prothalliums. Die Zelle *a* sowie die aus derselben hervorgegangenen Tochterzellen haben sich bereits mehrfach durch abwechselnd auf einander folgende peri- und anticline Wände getheilt; die so entstandenen Randzellen bilden fortan die Scheitelkante (Sk) des Gewebepolsters. Die mit I I bezeichneten Zellen sind augenscheinlich durch das Wachsthum der Zelle *a* passiv gedehnt. Die mit z bezeichnete Zellenparthie ist, wie die Vergleichung mit Fig. 3 und mit jüngeren Zuständen, sowie die Richtung der Zellenzüge (Fig. 4) zeigt, nachträglich zwischen der seitlichen Zellreihe und der mit A bezeichneten Zone entstanden. Vergr. 180.

Tafel XL.

Fig. 1. Aehnliches Präparat wie das in Fig. 4 auf Taf. XXXIX dargestellte. Hier ist indessen die Scheitelkante des Polsters nicht, wie dort, durch intercalares Wachsthum in die Höhe gerückt. Vergr. 300.

Fig. 2. Vorderer Theil des Gewebepolsters von dem in Fig. 3 auf dieser Tafel dargestellten Prothallium (Aneimia Phyllitidis), von unten gesehen. A = Archegonien. Vergr. 210.

Fig. 3. Prothallium von Aneimia Phyllitidis von unten. a die Antheridien, sk = die Scheitelkante des Gewebepolsters. Vergr. 25.

Fig. 4. Wucherndes Prothallium von demselben Farrenkraut, von oben gesehen; Antheridien fehlten hier gänzlich. An dem breiten Polsterspross ist seitlich eine Neubildung (a) zu bemerken. Die Pfeile deuten die Richtung der Zellenzüge an. Die Theilungen parallel zur Oberfläche des Prothalliums haben sich nach rückwärts mitten durch das letztere hindurch fortgesetzt. Wie aus der Richtung der Pfeile hervorgeht, ist die Figur umgekehrt gestellt. Vergr. 5.

Fig. 5. Die in der vorigen Figur mit a bezeichnete Neubildung stärker vergrössert (180). p p = Papillen.

Fig. 6. Junger Vorkeim von Aneimia collina. Vergr. 40.

Fig. 7. Wuchernder Vorkeim von Aneimia Phyllitidis, von unten gesehen. Schon seit geraumer Zeit sind an dem fortwachsenden Polsterspross keine neuen Archegonien mehr erzeugt worden, sondern nur Antheridien. Die Richtung des Pfeiles giebt die der basalen Verlängerung des Prothalliums nach der Spore hin an. Das Polster setzte sich hier rückwärts längs dem Rande des Prothalliums, nicht, wie in Fig. 4, mitten durch das letztere hindurch fort. ar = Archegonien, an = Antheridien. Vergr. 15.

Fig. 8 und 9. Umrisse von Prothallien von Aneimia Phyllitidis, bei denen noch keine Archegonien gebildet waren. Die Linien bedeuten die Richtung der Zellstreckung. Vergr. 10 und 20.

Tafel XLI.

Fig 1. Umriss einer Zelle von der Fläche eines älteren Prothalliums von Aneimia Phyllitidis. Die Wände sind eigenthümlich verdickt. Vergr. 200.

Fig. 2. Vorderer Theil des Gewebepolsters an einem Vorkeim von Mohria Caffrorum, mit z sind die schmalen Marginalzellen bezeichnet. Es ist erst ein Archegonium (ar) vorhanden, daneben bemerkt man eine Papille. Die Richtung des Pfeiles bedeutet hier wie in Fig. 3 die Längsrichtung des Vorkeims. Vergr. 120.

Fig. 3. Ein ähnliches Präparat. ar = Archegonien, an = Antheridien, hw = Haarwurzel, z wie in vor. Figur.

Flg. 4. Vorderer Theil eines Adventivsprosses, welcher an der Unterseite eines alten Vorkeimes von Aneimia Phyllitidis seinen Ursprung genommen hatte. Mit einem Antheridium. Vergr. 85.

Fig. 5. Vorkeim von Mohria Caffrorum. Die ersten Theilungen parallel zur Oberfläche desselben waren schon eingetreten. Papillen (p) fast nur auf der Fläche; bei *m* entspringen deren zwei unmittelbar neben einander. Vergr. 80.

Fig. 6. Theil eines jungen Prothalliums von Aneimia Phyllitidis, nach Burck (Sur le développement du prothalle des Aneimia, Taf. I, Fig. 12).

Fig. 7. Aelteres, gelapptes Prothallium von demselben Farn, ebenfalls nach Burck (ibid. Taf. II, Fig. 13). (Die Form der Zellen, bei Burck regelmässig viereckig, musste geändert werden). Zu diesen beiden Figuren vergl. den Text der vorliegenden Arbeit, pag. 5.

Fig. 8. Vorkeim von Mohria Caffrorum mit Archegonien, von unten gesehen. sp_1 und sp_2 von der Fläche des Polsters ausgehende, spatelförmige Adventivsprosse. Antheridien fehlten an diesem Prothallium. Vergr. 25.

Druck von G. Bernstein in Berlin.

Entgegnung.

In dem dritten Hefte seiner botanischen Untersuchungen über Schimmelpilze hat — wie ich nach meiner Rückkehr aus Italien ersehe — Herr Dr. Brefeld in seiner beliebten Manier auch mir etwas anzuhängen gesucht, indem er eine bereits mündlich von ihm in tendenziöser Weise colportirte Behauptung, als hätte ich die Anregung zu meiner Untersuchung über Moosfürchte von ihm im Gespräche empfangen, dort durch den Druck veröffentlicht hat. So gering auch an sich die sachliche Bedeutung dieser Insinuation ist, so kann ich ihre Publication doch nicht ganz mit Stillschweigen übergehen.

Schon einmal in der zahlreich besuchten Versammlung der botanischen Gesellschaft der Mark Brandenburg in Berlin am 28. October 1866, in welcher, wie mir erinnerlich, Herr Dr. Brefeld persönlich gegenwärtig war, habe ich diese völlig unbegründete, aus der Luft gegriffene Behauptung desselben für unwahr erklärt. Ich wiederhole hier diese Erklärung und füge nur noch hinzu, dass ich in jener Versammlung mir überdies noch die Mühe genommen habe nachzuweisen, wie sehr jene unwahre Behauptung unvereinbar ist mit der theoretischen Vorstellung über den Generationswechsel, welche Herr Dr. Brefeld damals in der einseitigsten dogmatischen Weise vortrug und als wissenschaftliches Axiom verfocht, aus dem er bemüht war, durch falsche Deduction unrichtige Schlüsse zu ziehen. Die Vorstellung von dem absoluten Gegensatze sexueller und neutraler Generationen und namentlich die Annahme, „dass es unmöglich sei die letztere auf anderem Wege als auf dem der Sporenkeimung in die erstere über zu führen“ — eine Annahme, von welcher die Versuche des Herrn Brefeld ausgingen und der ganze Gedankengang seiner damaligen Vorstellungen und Publicationen über die Sexualität der Pilze getragen war[1]) — ist ja jetzt ein überwundener Standpunkt und dies bedarf daher keiner nochmaligen Auseinandersetzung an

---

[1]) Man sehe z. B. Botanische Zeitschrift 1876, pag. 462 unten und 463.

dieser Stelle. Ich verweise hierüber auf meinen Aufsatz über den Generationswechsel der Thallophyten in den Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik Bd. XI, Heft 1, namentlich auf Seite 40 und 43 desselben.

Zur Characteristik des Auftretens und der — Sicherheit des Gedächtnisses des Herrn Brefeld nur noch eine Bemerkung. An derselben Stelle Seite 85 und 86 beliebt es ihm gleichfalls mit Umkehrung des wahren Sachverhältnisses zu erzählen, er wäre es gewesen, der mich auf das, mit Rücksicht auf die Fortführung der Farlow'schen Beobachtungen in meiner Notiz über die Sprossung der Moosfrüchte (Monatsbericht der Berliner Akademie der Wissenschaften Juli 1876) von mir erwähnte Weiterwachsen unbefruchteter Salvinia-Proembryonen aufmerksam gemacht habe. Allein ich glaube, es ist bekannt, dass ich schon vor etwa 15 Jahren in meinem Aufsatze über Salvinia (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik Bd. III. pag. 517 und 540 und Tafel XXVII Fig. 4) diese Erscheinung, dass unbefruchtete Proembryonen von Salvinia längere Zeit unausgesetzt weiter wachsen, nicht nur beschrieben, sondern sogar in einer Abbildung dargestellt habe. So gern ich daher auch immer bereit bin jede von Andern erhaltene Belehrung anzuerkennen, so darf ich doch wohl behaupten, dass auch in diesem Falle von uns Beiden nicht ich es war, der die Belehrung empfangen hat und hiermit will ich meinerseits von diesem Gegenstande Abschied genommen haben.

Berlin, den 22. Mai 1878.

Pringsheim.

Druckfehler in Wydlers Aufsatz. Bd. XI, Heft 3.

Seite 317, Z. 17 von oben setze man nach „ist“ ist.
- 317, - 19 lese man vespertilion.
- 318, - 19 von oben setze man vor „Blättern“ statt „dem“ den; statt „Blattpaare“, Blattpaares.
- 319, - 4 von oben setze man statt „son“ soç.
- 319, - 15 - - gehört das Komma nach: Zweigen
- 319, - 13 - unten lese man statt „geheneen“ gehenden.
- 322, - 15 - oben - - Caryophylleen.
- 323, - 9 - unten - - die statt „der“.
- 326, - 3 - oben - - $^3/_5$, $^5/_8$.
- 327, - 7 - - - - ästiv statt „ätiv“.
- 328, - 18 - - gehört das Komma nach „Pilz“.
- 334, - 11 - unten lese man andern statt „anderer“.
- 336, - 3 - oben - - ihrer statt „ikrer“.
- 336, - 5 - unten - - die Blüthenzweige, wenn Doppelwickeln.
- 339, - 9 - oben - - des tubus statt „der tubus“.
- 341, - 15 - - - - die statt „das“.
- 344, - 9 - unten - - dem kurzen statt „der“.
- 352, - 20 - oben - - aus dem statt „am“.
- 354, - 1 - - - - die statt „der“
- 355, - 1 - unten - - hybrid statt „hybrif“.
- 356, - 5 - - - - das zweite Sepalum statt „die zweite Sepala“.
- 357, - 5 - oben - - gleichsam statt „glaichsam“.
- 357, - 14 - unten - - übrigen statt „Jbrigen“.
- 358, - 8 - oben - - ausgenommen statt „angenommen“.
- 359, - 3 - - - - welches statt „welcher“.
- 359, - 5 - - - - Zweiglein statt „Zweigleid“.
- 360, - 5 - unten - - der statt „die“.
- 363, - 3 - - - - Heliotrop. statt „Holiotrop.“
- 367, - 7 - - ist vor antidr. 7 zu setzen.
- 368, - 12 - - lese man den statt „dem“.
- 369, - 20 - - - - Mutterspross statt „Muttersprosa“.
- 373, - 10 - - muss es heissen: kommen 2 oder 3 eine übergipfelnd Gabel oder 3strahlige Dolde.
- 376, - 8 - oben lese man Stellung statt „Stellueg“.
- 376, - 13 - - - - die statt „der“.
- 379, - 5 - unten setze man vor männl. die, Nach (2 + 2) Die statt die.

1. 2. 3. 4. a 5. a 6. a b c 7. 8. 9. 10. 13. 15. 14. 11. 12. a 16. 17.

J. Reinke del.

Lith. von Laue.

[illegible]

J. [illegible]

1. 2. 3. 4. a 5. a 6. a b c 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. a 15. 16. 17.

J. Reinke del.

Lith. von Laue

5.

1.

3.

M. Woronin del.

Lith. von Laue.

10

a

11.

b

9.

M. Woronin del.

Lith. von Laue.

Taf. XXXI.

per

a.s.

s.

20.

r

23

Lith von Laue

Taf. XXXII.

24.

33.

34.

32.

Lith. von Laue.

Taf. XXXIII.

43.

46.

45.

Lith. von Laue.

47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55.

b a c d

M. Woronin del. Lith. von Laue

Fig. 1.

Fig. 2 a.

Fig. 2 b.

Fig. 2 c.

Fig. 2 d.

Fig. 4. (360)

Fig. 3 a.

Fig. 3 b.

Fig. 3 c.

Fig. 3 d.

Fig. 3 e.

Fig. 5 a. (360)

Fig. 5 b. (360)

R. Sadebeck ad nat. del

Lith. von Laue.

Fig. 3. (98)

Fig. 2 a. (346)

Fig. 2 b. (346)

Fig. 1 (360)

R. Sadebeck ad nat. del.

Lith. von Laue.

Fig. 1. (98)

Fig. 5. (270)

Fig. 4.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 7.

Fig. 6 a.

Fig. 6 b.

R. Sadebeck ad nat. del.

Lith. von Laue.

H. Bauke ad nat. del.

Lith. von Laue

1.
I
P,
B
A
α
2.
I
P,
I
α
p
I
3.
Sk
4.
p
I
Sk
I
p
I
I
z

H. Bouke ad nat. del.

Lith. von Laue

H. Bauke ad nat. del. Lith. von Laue.